

WO03001460

Publication Title:

THREE-DIMENSIONAL ELECTRONIC MAP DATA CREATION METHOD

Abstract:

1459 Abstract of WO03001460

When creating three dimensional electronic map data, three dimensional modeling of a building is performed as follows without measuring height of the building; Firstly, a building is photographed and the photographing position and photographing parameters, camera direction, angle of view are recorded. Secondly in a virtual space prepared on a computer, a photograph is arranged so as to reproduce the state upon the photographing according to these data. In combination with this a plan view of the building is arranged according to the two dimensional map data. Thirdly the plan view is moved in the height direction until it is overlapped with the photograph, thereby modeling the building. Thus, it is possible to realize three dimensional modeling without measuring the height.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年1月3日 (03.01.2003)

PCT

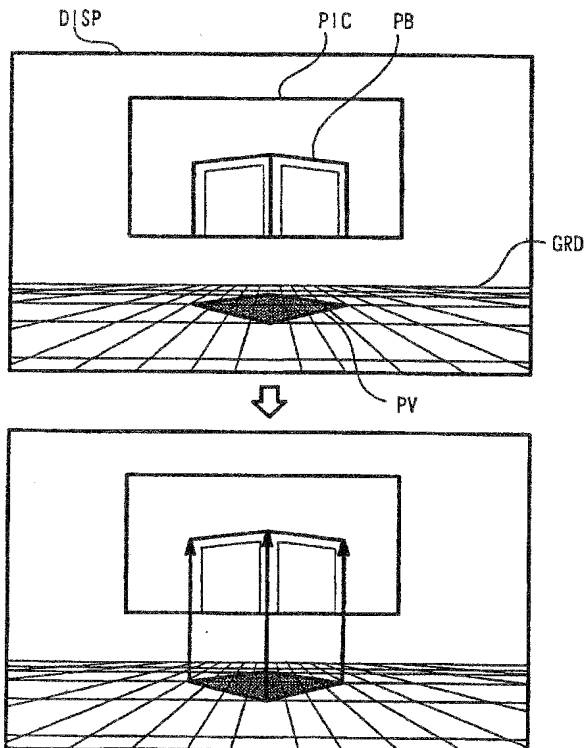
(10) 国際公開番号
WO 03/001460 A1

- (51) 国際特許分類: G06T 17/50 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP02/06132 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岸川 喜代成
(22) 国際出願日: 2002年6月19日 (19.06.2002) (KISHIKAWA, Kiyonari) [JP/JP]; 〒812-0038 福岡県 福岡市 博多区 祇園町 1-1 博多祇園ビル 9F 株式会社
(25) 国際出願の言語: 日本語 ジオ技術研究所内 Fukuoka (JP).
(26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 特許業務法人 明成国際特許事務所
(30) 優先権データ: 特願2001-185968 2001年6月20日 (20.06.2001) JP (TOKKYO GYOMUHOJIN MEISEI INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒460-0003 愛知県 名古屋市 中区 錦二丁目 18番 19号 三井住友銀行名古屋ビル 7階 Aichi (JP).
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ゼンリン (ZENRIN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒803-0846 福岡県 北九州市 小倉北区 下剉津 1丁目 1番 10号 Fukuoka (JP). (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[続葉有]

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL ELECTRONIC MAP DATA CREATION METHOD

(54) 発明の名称: 3次元電子地図データの生成方法



(57) Abstract: When creating three-dimensional electronic map data, three-dimensional modeling of a building is performed as follows without measuring height of the building. Firstly, a building is photographed and the photographing position and photographing parameters (camera direction, angle of view) are recorded. Secondly, in a virtual space prepared on a computer, a photograph is arranged so as to reproduce the state upon the photographing according to these data. In combination with this, a plan view of the building is arranged according to the two-dimensional map data. Thirdly, the plan view is moved in the height direction until it is overlapped with the photograph, thereby modeling the building. Thus, it is possible to realize three-dimensional modeling without measuring the height.

[続葉有]



添付公開書類：
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

3次元電子地図データの生成時に、次の手法により、建造物の高さの測量を伴わずに建造物の3次元モデリングを行う。第1に、建造物を写真撮影し、その撮影位置および撮影パラメータ（カメラの方向、画角）を記録する。第2に、コンピュータ上に用意された仮想空間において、これらのデータに基づいて、撮影時の状態を再現するよう写真を配置する。併せて、2次元地図データに基づき建造物の平面形状を配置する。第3に、写真と重なるまで平面形状を高さ方向に移動して建造物のモデリングを行う。こうすることで、高さの測量を伴わずに建造物の3次元モデリングを実現することができる。

明細書

3次元電子地図データの生成方法

技術分野

- 5 本発明は、建造物の3次元電子データを生成する3次元モデリング技術、および該モデリング方法を用いて3次元電子地図データを生成する技術に関する。

背景技術

- 10 近年、コンピュータで利用可能に電子化された地図データ（以下、「電子地図データ」と呼ぶ）の利用が広まっている。電子地図データは、いわゆるパーソナルコンピュータでの地図表示、車載用のナビゲーションシステム、インターネットを介した地図提供および印刷物としての地図の版下作成などに利用される。また、ナビゲーションシステムでは、運転者が進路を直感的に判断することができるよう、3次元表示が用いられつつある。建造物などを3次元表示することにより、現在位置および進路の把握が容易になる利点がある。

- 3次元表示を行うためには、建造物の3次元データが必要となる。地図の表示対象となる多数の建造物について3次元データ、特に高さに関するデータを取得することは多大な労力が要求される。従来、かかる労力を軽減するための技術が種々提案されている。かかる技術として、例えば、特許第3015353号記載の技術および東京大学生産技術研究所 趙卉菁らによる日本写真測量学会 写真測量とリモートセンシング、Vol. 36, No. 4, 1997. 「レンジ画像による3次元都市空間データの自動計測方法に関するシミュレーション」等がある。前者は、建造物について高さの計測点および方向の工夫により、データ取
- 25

得に要する労力の軽減を図る技術である。後者は、レーザレンジファインダ（距離計測装置）による測距結果とCCD画像とを重ね合わせて、3次元データを取得する方式である。

5 一方、3次元データが取得されていない建造物について3次元モデリングを実現するために、現実の高さに関わらず一定の高さを仮定したり、建造物の階数から高さを推定したりする方法も採られていた。いずれも現実を十分に反映するものではなく、擬似的な3次元モデリング方法である。

従来の3次元モデリング方法では、現実の状態を十分反映したモデリングを行うためには、各建造物について何らかの計測が必要とされていた。実用的な
10 3次元電子地図データを生成するためには、膨大な数の建造物について3次元モデリングを行う必要がある。従って、従来技術による計測労力の軽減では不十分であり、3次元電子地図データを生成するために、非常に膨大な労力が要求されることに変わりはなかった。

15 また、建造物は、数年単位で新築、取り壊しなどの変化が生じる。従って、3次元電子地図データの実用性を確保するためには、こうした建造物の変化に追隨できる期間で3次元モデリングを行う必要がある。従来技術は、3次元モデリングに長期間を要するため、かかる期間的な要請も十分に満足することはできなかった。

20

発明の開示

本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、軽い労力で、現実の建造物の状態を反映した実用的な3次元モデリングを可能にする技術を提供することを目的とする。また、この3次元モデリングを用いることにより、短期間
25 に3次元電子地図データを生成する技術を提供することを目的とする。

上記課題の少なくとも一部を解決するために、本発明では、建造物の写真と平面形状とのマッチングを、コンピュータ等を用いて仮想的に用意された空間内で行うことにより、高さの計測を伴わない3次元モデリングを実現した。本発明における構成を説明する前に、本発明において3次元モデリングを実現する原理について説明する。

図1は本発明における3次元モデリングの原理を示す説明図である。コンピュータのディスプレイDISPに表示された仮想空間の様子を示している。この仮想空間は、緯度、経度、高さ等の3次元座標系によって定義されている。当初の段階では、ディスプレイDISPには、仮想空間における地表面GRDのみが表示される。

こうして用意された仮想空間内に、3次元モデリングの対象となる建造物（以下、単に対象物と呼ぶ）の写真PIC、および対象物の平面形状PVを配置する。写真PICは、撮影時における撮影位置、カメラの方向、画角などの情報に基づいて配置される。こうして配置された写真PICは、仮想空間内に対象物が存在していたとすれば表示されるであろう画像PBを表すことになる。一方、対象物についての平面形状PVは、既に存在している2次元的な地図データから容易に得ることができる。

次に、図の下方に示す通り、平面形状PVを高さ方向に平行移動する。こうして仮想空間内に平面形状PVの仮想的な3次元モデルを生成するのである。先に示した通り、写真PICは、仮想空間内に対象物が存在していたならば得られる画像PBを与えている。従って、平面形状PVを高さ方向に平行移動することによって得られる3次元モデルが画像PBと重ったとき、その3次元モデルは、現実の対象物の高さを反映したモデルとなる。本実施例では、このように撮影によって得られた景色を再現するよう、平面形状を高さ方向に移動させることによって、対象物の3次元モデリングを実現する。

図1では、コンピュータの表示画面に基づいて本発明の原理を説明した。次に、撮影時の状態に基づいて本発明の原理を説明する。図2は撮影画像と建造物との関係を示す説明図である。上方には、撮影時の平面図V1、中央には側面図V2、下方には得られた写真PICの様子を示した。

- 5 平面図V1に示す通り、この例では、カメラDSCの画角 θ の領域内に、2つの建造物BLDa、BLDbが存在している。写真PICには、両建造物はほぼ同等の高さで写っているが、各建造物の高さは、側面図V2に示す通り、Ha、Hbで異なっている。側面図V2内の写真PICに、建造物が写っている範囲を太線で示した。太線の頂部は、当然ながら、カメラDSCと建造物の
- 10 頂部を結ぶ線上に存在する。

- 本発明は、仮想空間内で、図2に示した位置関係を再現することによって3次元モデリングを行うものである。仮想空間内でモデリングを開始した当初は、建造物BLDa、BLDbの高さは未知である。しかし、カメラDSCおよび写真PICを撮影時と同じ位置関係で配置すれば、PICに表示された建造
- 15 物（図中の太線）の延長中に建造物BLDa、BLDbの頂部が存在するはずである。仮想空間内で平面形状を高さ方向に平行移動して得られるモデルの頂部を写真の頂部と重ねることにより、仮想空間内で図2に示した位置関係を再現することができる。従って、建造物BLDa、BLDbの現実の高さを測定しなくとも、仮想空間内でそれぞれの高さを特定することが可能となる。

- 20 以上で本発明における3次元モデリングの原理を示した。ここでは、原理の理解を容易にするために、図1および図2に示した具体例に基づき説明したが、本発明は、これらの内容に限定されるものではない。以下では、かかる原理に基づいて構成される本発明の概念について説明する。

- 本発明の3次元モデリング方法は、次に示すステップから構成される。本発
- 25 明におけるステップ(a)では、電子データで表された建造物の写真を入力す

る。写真の入力は、例えば、デジタルスチルカメラによって得られる電子データを入力するものとしてもよいし、銀鉛写真をスキャナ等によって電子化して入力するものとしてもよい。この写真は、必ずしも建造物の全体が写っている必要はなく、少なくともその頂部が含まれていればよい。

- 5 ステップ (b) として、写真の撮影位置と建造物との相対的な位置関係と、撮影位置から建造物を望む現実の風景と写真とを適合させるために必要となる撮影パラメータとを入力する。相対的な位置関係および撮影パラメータは、仮想空間内に撮影時の状態を再現するためのデータとして利用される。このためには、撮影位置が緯度、経度等の絶対的な座標で定義されている必要はなく、
- 10 建造物との相対的な関係で定義されていれば足りる。もちろん、撮影位置、建造物のそれぞれについて緯度、経度等の絶対的な座標を用いるものとしてもよい。

撮影パラメータは、撮影時にカメラが向いていた方向、およびカメラの画角を特定可能な種々のパラメータを用いることができる。図 3 はカメラの画角について示す説明図である。レンズ L と撮像部 C C D との距離が焦点距離 f である。この焦点距離によって、画角、即ち撮像部 C C D に撮影可能な範囲 O B J の幅が決定される。従って、画角を特定可能なパラメータとしては、図中の画角 θ 、焦点距離 f などを用いることができる。

15

図 4 はカメラの撮影方向について示す説明図である。図中の X, Y, Z 軸は、仮想空間における軸に対応している。微視的に見れば、緯線、経線は直交座標とみなすことができるから、X 軸、Y 軸を緯線、経線に対応づけるものとしてもよい。仮想空間における 3 軸が定義されると、その中でカメラの撮影方向は、ヨー角 α 、ピッチ角 β 、ロール角 γ によって特定することができる。従って、これらの角度は、撮影方向を特定するためのパラメータとして用いることができる。撮影方向は、この他、種々のパラメータによって特定可能であるが

20

25

、図4に示した3組の角度を用いるものとすれば、撮影時のパラメータ値取得も比較的容易であるという利点がある。

こうして撮影パラメータが入力されると、ステップ(c)として、3次元電子データを生成する仮想空間内で、建造物の平面形状と撮影位置とを相対的な位置関係に基づいて定義するとともに、撮影パラメータによって規定される位置に写真を配置する。建造物の平面形状は、図1および図2の例のように必ずしも閉図形として完全に特定されている必要はない。写真に写っている面に対応する部分の平面形状が特定されていればよい。従って、この平面形状は、線分または折れ線であっても構わない。

10 ステップ(d)として、平面形状を、写真と一致するまで高さ方向に写像することにより、建造物の高さ方向の形状を特定する。この写像は、オペレータの操作により行うものとしてもよいし、自動的に行うものとしてもよい。

本発明の3次元モデリング方法によれば、各建造物の高さを測定することなく、効率的に、3次元モデリングを行うことができる。しかも、単に建造物の階数等から高さを推定する等の擬似的な方法よりも遙かに高い精度で3次元モデリングを実現することができる。

本発明の3次元モデリング方法によれば、一枚の写真に複数の建造物が含まれている場合には、この一枚の写真に基づき、複数の建造物について同時に3次元モデリングを実現することができる利点もある。撮影は、必ずしも地上で行われる必要はないから、航空写真を用いることにより、広範囲での3次元モデリングを比較的容易に実現することができる。

先に説明した通り、本発明の3次元モデリング方法において用いられる平面形状は、必ずしも完全に特定されている必要はないが、建物を含む2次元平面地図によって特定されることが好ましい。精度の高い平面形状を用いることにより、精度の高い3次元モデリングを実現することができる。

本発明の３次元モデリング方法においては、ステップ（ｃ）において、平面形状とともに、建造物の概略形状を表す基礎的な３次元モデルを定義するステップを含むことが望ましい。建造物は、ビルのように単純な形状ばかりではなく、一般家屋など比較的複雑な形状をしたものも存在する。基礎的な３次元モデルは、このように建造物をビル、一般家屋など形状に基づいて分類し、それぞれの概略形状を定義するモデルである。平面形状を定義する際に、このモデルを用いることにより、高さ方向も含めた概略形状を定義しておくことにより、３次元モデリングをより精度良く、軽い労力で行うことが可能となる。

本発明のステップ（d）は、オペレータが行うものとしてもよいが、コンピュータ等によって自動的に行うものとしてもよい。後者の場合には、写真の解析により建造物の稜線を特定するステップ、写像の過程で平面形状の辺と稜線との重なり状態を定量的に解析するステップ、重なり状態が極大となる写像により高さを特定するステップとを備えることにより実現される。極大とは、必ずしも最大である必要はないことを意味している。かかる自動解析では、種々のノイズの影響によって重なり状態が激しく変動するのが通常であるから、重なり状態の判定では、こうしたノイズをフィルタリング等して、実質的に極大値となる写像を特定すればよい。

本発明の3次元モデリング方法においては、建造物近傍の地表の高低を反映させることが望ましい。この反映は、建造物近傍の地表の高低を表す高低データの入力、建造物近傍の地表面への高低データの反映、高低データを考慮した形状特定によって行われる。高低データの考慮としては、例えば、高低データが反映された地表よりも上部で建造物の高さ方向の形状特定を行う方法が考えられる。こうすることにより、建造物の高さをより精度良く特定することが可能となる。

本発明の３次元モデリング方法においては、更に、ステップ（e）として、

高さ方向の形状が特定された建造物のモデルの表面に、写真の少なくとも一部を、テクスチャとして貼り付けるものとしてもよい。テクスチャとして貼り付ける写真は、高さを特定する写真と別に用意するものとしてもよい。いずれにしても、写真を表面にはりつけることにより、比較的容易にモデルの現実味を向上することができる。

このように写真をテクスチャとして用いる場合、比較的類似の単位構造が繰り返し現れる繰り返し領域とそうでない単独領域とを分けて取り扱うことが望ましい。例えば、ステップ（e）において、繰り返し領域と単独領域とを定義し、繰り返し領域には、写真で現実の構造が取得されているか否かに関わらず単位構造のテクスチャを繰り返し貼り付けるものとしてもよい。こうすれば、繰り返し領域のテクスチャ貼り付けが容易になる。また、テクスチャの実用性を向上することもできる。例えば、現実には、建造物の前面に木その他の障害物が存在して、建造物の表面自体の写真を撮影できない場合が頻繁に生じる。上述の通り、テクスチャを繰り返し利用するものとするれば、繰り返し領域のいずれかの部分で得られた写真を繰り返し領域全体に適用することができ、障害物の影響を比較的容易に回避することができる。

本発明は、建造物単体の３次元モデリング方法として構成することもできるが、建造物のモデリングを含む３次元電子地図データを生成する３次元電子地図データの生成方法として構成してもよい。

また、本発明は、建造物の３次元電子データの生成を支援する３次元モデリング支援装置として構成してもよい。一例としての本発明の３次元モデリング支援装置は、画像データ入力部、撮影情報入力部、仮想空間表示部、投影部、モデル表示部を備えるものとすることができる。画像データ入力部、撮影情報入力部は、それぞれ写真および平面形状、撮影パラメータの入力を行う。仮想空間表示部は、３次元電子データを生成する仮想空間内で、撮影位置から建造

物を望む方向の画像表示等を行う。投影部は、仮想空間内で撮影パラメータに基づいて写真を投影する。モデル表示部は、平面形状を高さ方向に写像することにより定義される建造物の形状を表示する。かかる構成を有する３次元モデリング支援装置を使用することにより、本発明におけるモデリングを効率的に行うことができる。

このように支援装置として構成する他、本発明は、自動で建造物の３次元電子データを生成する３次元モデリング装置として構成することもできる。かかる場合には、例えば、支援装置で説明した画像データ入力部、撮影情報入力部の他、モデリング部を備えるものとすればよい。モデリング部は、仮想空間内で、平面形状と撮影位置の定義、写真の配置、写真と一致するまで平面形状を高さ方向に写像することによる建造物の高さ方向の形状特定を行う。

本発明は、また、建造物の３次元電子データを生成するために使用されるデータを収集するデータ収集装置として構成することもできる。データ収集装置は、撮像部、撮影パラメータ取得部、データ格納部とを備えるものとして行うことができる。撮像部は、建造物の写真を電子データとして取得する。撮影パラメータ取得部は、写真の撮影位置から建造物を望む現実の風景と写真とを適合させるために必要となる撮影パラメータを取得する。データ格納部は、電子データおよび撮影パラメータを、撮影位置に関するデータと関連づけて格納する。かかるデータ収集装置を用いれば、本発明に必要な情報を一元的に収集することができる。

データ収集装置は、カメラを固定する三脚等の形式で構成することもできるが、少なくとも一部をデジタルカメラに内蔵することが望ましい。特に、撮影パラメータ取得部をカメラに内蔵し、撮影時の該カメラの姿勢および焦点距離を取得するものとすることが望ましい。

本発明は、上述した３次元モデリング方法、３次元電子地図データの生成方

法、3次元モデリング支援装置、3次元モデリング装置をコンピュータによって実現するためのコンピュータプログラムとして構成してもよい。また、これらのプログラムを記録した記録媒体として構成してもよい。なお、記録媒体としては、フレキシブルディスクやCD-ROM、光磁気ディスク、ICカード、ROMカートリッジ、パンチカード、バーコードなどの符号が印刷された印刷物、コンピュータの内部記憶装置（RAMやROMなどのメモリ）および外部記憶装置等の、コンピュータが読取り可能な種々の媒体を利用できる。

図面の簡単な説明

- 10 図1は、本発明における3次元モデリングの原理を示す説明図である。
図2は、撮影画像と建造物との関係を示す説明図である。
図3は、カメラの画角について示す説明図である。
図4は、カメラの撮影方向について示す説明図である。
図5は、実施例としての電子地図データ生成システム100の構成を示す説明図である。
- 15 図6は、自動モデリング部120の構成を示す説明図である。
図7は、手動モデリング部130の構成を示す説明図である。
図8は、テクスチャ生成部140の構成を示す説明図である。
図9は、モデリング用データ収集装置の構成を示す説明図である。
- 20 図10は、3次元モデリングの工程図である。
図11は、仮想空間の前処理のフローチャートである。
図12は、起伏付加の意義を示す説明図である。
図13は、自動モデリング処理のフローチャートである。
図14は、重なり状態の判定方法を示す説明図である。
- 25 図15は、手動モデリング処理のフローチャートである。

図 1 6 は、積み重ね処理の方法を示す説明図である。

図 1 7 は、テクスチャ生成処理のフローチャートである。

図 1 8 は、点部品設定例を示す説明図である。

図 1 9 は、線部品設定例を示す説明図である。

5

発明を実施するための最良の形態

本発明の実施の形態について、以下の項目に分けて説明する。

A. 地図データ生成装置の構成：

A 1. 自動モデリング部の構成：

10

A 2. 手動モデリング部の構成：

A 3. テクスチャ生成部の構成：

B. モデリング用データ収集装置：

C. モデリング：

C 1. 前処理：

15

C 2. 自動モデリング処理：

C 3. 手動モデリング処理：

C 4. テクスチャ生成処理：

C 5. 付加構造物設定処理：

A. 地図データ生成装置の構成：

20

図 5 は実施例としての電子地図データ生成システム 1 0 0（以下、単にシステム 1 0 0 と称することもある）の構成を示す説明図である。このシステム 1 0 0 は、建造物の 3 次元モデリングを行い、3 次元の電子地図データを生成する。本実施例では、図示する機能ブロックを、コンピュータ内にソフトウェア的に構築することにより、システム 1 0 0 を構成した。以下の例では、単独の

25 コンピュータによってシステムが構成されている場合を例にとって説明するが

、ホストコンピュータと端末とをネットワークで接続した構成を用いてもよい。

システム100において、各機能ブロックは、次の機能を奏する。データ入力部101は、外部からモデリング用データを入力する。モデリング用データは、3次元のモデリングに必要となるデータであり、モデリング対象となる建造物の写真の電子データ、撮影位置および撮影パラメータが含まれる。撮影パラメータとは、本実施例では、撮影時のカメラの方向を表すヨー角、ピッチ角、ロール角（図4参照）、および画角を表す焦点距離（図3参照）を用いるものとした。これらのデータは、光磁気ディスクMOなどの媒体を通じて入力するものとしてもよいし、ネットワークその他の通信を介して入力するものとしてもよい。

入力されたモデリング用データに基づいて、以下に示す各機能ブロックが3次元モデリングを実行する。前処理部110は、3次元モデリングで用いられる仮想空間をシステム100内に整備する機能を奏する。より具体的には、3次元モデルが生成される前の地表面を整備する機能を奏する。前処理部110は、この機能を果たすため、標高データベース103および2次元地図データベース102を参照する。標高データベース103は、地表面をメッシュ状に区切った各点についての標高を与えるデータベースである。日本国内であれば、例えば、国土地理院の50mメッシュ数値データを用いることができる。2次元地図データベース102は、平面での既存の地図データベースである。これにより、各建造物の平面形状を特定することができる。2次元地図データベース102としては、例えば、航空写真、衛星写真、住宅地図などのデータを用いることができる。

自動モデリング部120は、モデリング用データに基づいて、3次元モデルを自動的に生成する機能を奏する。仮想空間でのモデリングの様子は、仮想空

間表示部 104 によって、システム 100 のディスプレイ上に表示される。自動モデリングの原理は、図 1 および図 2 で説明した通りである。自動モデリング部 120 には、後述する通り、かかる原理を用いて自動的にモデリングを行うための機能ブロックが用意されている。

- 5 手動モデリング部 130 は、オペレータの操作に基づいて 3 次元モデルを生成する機能を奏する。本実施例では、自動的にモデリングを十分に行うことができない複雑な形状の建造物などがモデリングの対象となる。オペレータが手動モデリングにおいて参照すべき仮想空間の表示は、仮想空間表示部 104 によって提供される。手動モデリング部 130 には、後述する通り、手動でのモデリングを支援するための機能ブロックが用意されている。

- 10 テクスチャ生成部 140 は、モデリングされた建造物に、オペレータの操作に基づいて、テクスチャを貼り付ける機能を奏する。本実施例では、建造物の写真を切り出してテクスチャとした。テクスチャの貼り付けも、仮想空間表示部 104 による表示を参照して行われる。テクスチャ生成部 140 には、後述する通り、テクスチャの貼り付けを支援するための機能ブロックが用意されている。

- 20 付加構造物設定部 150 は、建造物以外に電子地図データに必要となる付加構造物のモデリングを行う。付加構造物には、例えば、樹木、信号、ガードレールなどが含まれる。付加構造物は、部品データベース 105 に登録されているモデルを用いて定義される。

- 25 統合部 106 は、上述した各機能ブロックで生成されたデータを関連づけ、電子地図データのフォーマットに整える機能を奏する。建造物や地名を示すための文字の設定、地図上に表示すべき種々の記号の設定なども併せて行う。統合部 106 は、こうして統合された電子地図データを、地図データベース 10 3 に出力する。電子地図データは、DVD-ROM その他の記録媒体 ME に記録

するものとしてもよい。

A 1. 自動モデリング部の構成：

図 6 は自動モデリング部 1 2 0 の構成を示す説明図である。自動モデリング部 1 2 0 は、先に説明した通り、図 1 および図 2 の原理に基づき、以下に示す機能ブロックを利用して、建造物の 3 次元モデリングを自動的に実行する。

画像エッジ抽出部 1 2 1 は、建造物の写真から、モデリング対象となる建造物のエッジ、即ち稜線を抽出する。エッジの抽出は、例えば、建造物の各面の階調差に基づいて行うことができる。

基礎モデル選択部 1 2 2 は、モデリングに使用する基礎モデルを基礎モデルデータベース 1 2 3 から選択する。図中に基礎モデルを併せて例示した。基礎モデルには、ビルのモデル MD 1、平屋家屋のモデル MD 2、2 階建て家屋のモデル MD 3 などが含まれる。基礎モデルとは、このように建造物の概略形状を与えるモデルである。本実施例では、次に説明するマッチング処理で適切な結果が得られるまで、一定の順序で基礎モデルを選択するものとした。基礎モデルの選択は、2 次元地図データベースで与えられる情報等に基づいて行うものとしてもよい。

マッチング部 1 2 4 は、マッチング処理、即ち仮想空間に配置された写真に適合するよう基礎モデルの高さを変更する処理を行う。適合したか否かは、画像エッジと基礎モデルとの重なり状態によって判断される。基礎モデルの高さを変更しても、両者が適合しない場合には、基礎モデル選択部 1 2 2 にその旨を伝達し、別の基礎モデルについてマッチングを行う。

ワイヤフレーム生成部 1 2 5 はマッチングの結果に基づいて、建造物のワイヤフレームを生成する。

A 2. 手動モデリング部の構成：

図 7 は手動モデリング部 1 3 0 の構成を示す説明図である。手動モデリング

部 1 3 0 は、以下に示す機能ブロックを用いて、オペレータの操作に応じた 3 次元モデルの生成を行う。

立ち上げ形状選択部 1 3 2 は、オペレータの指示に基づいて立ち上げ形状を選択する。立ち上げ形状は、予め立ち上げ形状データベース 1 3 3 に定義されている。図中に立ち上げ形状を併せて例示した。立ち上げ形状とは、仮想空間内で平面形状を高さ方向に移動させることにより定義されるモデル形状を意味する。例えば、単純垂直上げ R p 1、点集約上げ R p 2、線集約上げ R p 3、拡大縮小上げ R p 4、階段上げ R p 5、ドーム上げ R p 6 などを含めることができる。このように種々の立ち上げ形状を定義することにより、様々な建造物の形状に対応することが可能となる。

高さ変更部 1 3 1 は、選択された立ち上げ形状に基づいて平面形状の高さ方向への移動を行う。積み重ね処理部 1 3 4 は、より複雑なモデリングを行うため、形成されたモデル同士の重ね合わせ等処理する。ワイヤフレーム生成部 1 3 5 は、高さ変更部 1 3 1、積み重ね処理部 1 3 4 による処理結果に基づいて、建造物のワイヤフレームを生成する。

A 3. テクスチャ生成部の構成：

図 8 はテクスチャ生成部 1 4 0 の構成を示す説明図である。テクスチャ生成部 1 4 0 は、以下に示す機能ブロックを用いて、モデリングされた建造物へのテクスチャの貼り付けを行う。

繰り返し構造設定部 1 4 1 は、オペレータの操作に基づいて、建造物について同じテクスチャを繰り返し使用する繰り返し領域と、その他の単独領域とを定義する。また、建造物のワイヤフレームを、この繰り返し領域の設定に合わせて分断する。テクスチャ設定部 1 4 2 は、各領域に貼り付けられるテクスチャを設定する。本実施例では、写真の一部を利用してテクスチャを設定するものとした。テクスチャ修正部 1 4 3 は、写真から切り取って得られたテクスチャ

ャを、モデルの表面に適合するよう修正する。図中に修正例を示した。図中のハッチングが写真から切り取られたテクスチャを示している。修正方法には、テクスチャの形状修正、複数のテクスチャの結合・分離などが含まれる。その他、テクスチャの色調整などを含めるものとしてもよい。

- 5 テクスチャ貼り付け部 1 4 4 は、繰り返し構造の定義に基づいて設定されたテクスチャの貼り付けを行う。繰り返し領域については、設定されたテクスチャを繰り返し適用し、単独領域には単独で適用するのである。テクスチャ貼り付け部 1 4 4 は、貼り付けの結果を、テクスチャデータベース 1 4 5 として格納する。テクスチャデータベース 1 4 5 は、テクスチャを定義するコードと、
- 10 そのテクスチャを貼り付ける面を定義するコードとを対応づけるデータベースである。

B. モデリング用データ収集装置：

- 図 9 はモデリング用データ収集装置の構成を示す説明図である。モデリング用データ収集装置は、デジタルスチルカメラ (D S C) 2 0 とデータ記録装置 2 7 とから構成される。データ記録装置 2 7 としては、例えば、携帯型のコンピュータ等を利用することができる。
- 15

- D S C 2 0 は、建造物の写真撮影に同期して、撮影パラメータを取得する機能が備えられている。D S C 2 0 の本体には、G P S 2 5 が取り付けられている。G P S 2 5 は周知の通り、人工衛星からの電波を利用して位置を特定する装置である。本実施例では、シャッター 2 1 と同期して、緯度、経度、高度の
- 20 情報を取得するものとした。

- D S C 2 0 の本体には、併せて角度センサ 2 4 が設けられている。角度センサ 2 4 は、シャッター 2 1 と同期して、D S C 2 0 の撮影時の方向を特定するヨー角、ピッチ角、ロール角を取得する。これらの角度は、図中に示したグローバルな座標系、X 軸、Y 軸、Z 軸周りの回転角度として得られる。
- 25

DSC 20のレンズ22には、シャッター21と同期して、撮影時の焦点距離を取得する焦点距離センサ23が設けられている。

上述した各センサで得られたデータは、インタフェース26を介してデータ記録装置27に送信される。データ記録装置27では、これを撮影データベース28として保管する。図中に撮影データベース28の構造を併せて例示した。
5 図中の例では、写真ごとに与えられるコード番号「ZN00100」をキーにして、緯度「LAT1」、経度「LON1」、焦点距離「FC1」、撮影角度「 $\alpha 1$ 、 $\beta 1$ 、 $\gamma 1$ 」の各値が格納される。これと併せて撮影された写真データ、その他のコメント等を格納するものとしてもよい。

10 本実施例では、各センサをDSC 20に内蔵する場合を例示したが、DSC 20と別体として各センサを備えるものとしてもよい。別体として備える構成としては、例えば、DSC 20を固定する三脚等に各センサを組み込んだ構成が考えられる。

C. 3次元モデリング：

15 図10は3次元モデリングの工程図である。ここでは、一つの建造物についてのモデリングを行う場合の処理内容を示した。各処理は、図5に示したシステム100において、自動またはオペレータの操作に基づいて行われる。

3次元モデリングでは、まず、オペレータは、システム100にモデリング用データの入力を行う（ステップS100）。モデリング用データは、図9に示した撮影パラメータおよび写真を含む。
20

次に、オペレータは、このデータに基づいて建造物のモデリングを行う。モデリングは、仮想空間の前処理（ステップS200）、自動モデリング（ステップS300）、手動モデリング（ステップS400）、テクスチャ生成（ステップS500）、付加構造物設定（ステップS600）の手順で行われる。システム100が、こうして生成されたモデルを地図データに登録（ステップS70
25

0) することで、3次元モデリングが完了する。以下、各処理について説明する。

C 1. 前処理：

- 図11は仮想空間の前処理のフローチャートである。この処理は、前処理部
5 110（図5参照）の機能に相当する。オペレータのコマンド入力によってこの処理が開始されると、システム100は、モデリングの対象となっている建造物の2次元形状、位置、および建造物近傍の標高データを入力する（ステップS201）。建造物の2次元形状、位置は、2次元の地図データを用いるものとしたが、航空写真を用いるものとしてもよいし、撮影現場での記録等を用いるものとしてもよい。本実施例では、2次元の地図データによって完全な閉図形として建造物の平面形状を入力するものとしたが、写真に現れている部分のみを入力するものとしてもよい。例えば、写真に背面が写っていない場合には、これらの部分を省略して折れ線状に平面形状を入力するものとしてもよい。
10 かかる場合でも、正面側のモデルと背面側のモデルとを個別に生成し、両者を結合させることで、建造物の3次元モデルを完成することができる。建造物の位置は、緯度、経度などの絶対的な座標系で特定するものとしてもよいし、撮影位置との相対的な関係で特定してもよい。建造物近傍の標高データは、本実施例では、国土地理院による標高データを用いるものとしたが、これに限られない。
- 20 次に、システム100は、無限空間としての仮想空間を定義する（ステップS202）。併せて、図示する通り、所定の視点からこの無限空間を見た場合の表示を行うことが望ましい。仮想空間の3次元グラフィックス表示には、周知の技術を適用可能である。3次元グラフィックス表示を行う際の視点位置は任意に設定可能であるが、撮影位置と一致させておくことが事後の処理上、好都合である。
25

こうして無限空間が設定されると、システム100は、ステップS201で入力したデータに基づいて、建造物の2次元形状を配置する（ステップS203）。図中において、太線の枠が建造物の2次元形状を示している。

最後に、標高データに基づいてシステム100は、無限平面に起伏を付加する（ステップS204）。また、併せて建造物の2次元形状を起伏が付加された地表上に適合させることにより、前処理が完了する。

図12は起伏付加の意義を示す説明図である。建造物およびカメラを側面から見た状態を示している。図示する通り、地表面は、建造物の近傍および撮影位置の近傍で所定の標高を有している、つまり、地表面は水準面と不一致である。撮影時のカメラDSCの標高は、ALTc、建造物の標高はALTbであるものとする。

先に図1および図2において示した原理から明らかな通り、本実施例におけるモデリング方法は、建造物の地表からの高さを特定するものではなく、建造物の頂部Tbの位置を特定するものである。この位置は、カメラDSCの撮影位置に基づいて相対的に決定される。従って、仮想空間内で地表面の起伏を考慮しない場合でも、カメラDSCを標高ALTcに設定することにより、建造物の頂部Tbの位置、即ち標高を精度良く設定することができる。しかしながら、このように設定した場合、現実の地表面と水準面との間（図中のハッチングの領域）も含めて建造物のモデリングが行われることになる。かかるモデルは、建造物自体の高さが現実と異なるため、現実を精度良く反映しているとは言えない。本実施例では、予め地表面に起伏を付すとともに、その表面に建造物の2次元形状を配置することにより、かかる弊害を回避している。

本実施例では、地表面に起伏を与えた後、建造物のモデリングを行っているが、逆に、建造物のモデリングを行った後、標高を考慮して図中のハッチングの部分モデルから削除する処理を行うものとしてもよい。また、撮影位置と

建造物との標高差が比較的小さい場合には、起伏を与える処理を省略してもよい。

C 2. 自動モデリング処理：

図 1 3 は自動モデリング処理のフローチャートである。これは、自動モデリング部 1 2 0（図 5 および図 6 参照）の機能に相当する。

自動モデリング処理では、システム 1 0 0 は仮想空間内に建造物の写真 P I C を配置する。図中に写真配置の様子を併せて示した。原点 O は、仮想空間内に設置された撮影位置である。撮影パラメータによって、写真撮影時の画角 θ および撮影方向が決定される。撮影時のヨー角、ピッチ角に基づいて定義される撮影方向を図中に一点鎖線で示した。写真は、この一点鎖線に垂直であること、写真の両端が画角 θ で表される範囲に一致すること（図中の E 1, E 2 参照）を、拘束条件として仮想空間内に配置される。写真は、また、建造物が仮想空間内で傾きなく表されるように、撮影時のロール角に基づいて一点鎖線周りに回転させられる。

こうして写真の配置が完了すると、システム 1 0 0 は、画像エッジの抽出を行う（ステップ S 3 0 4）。図中に画像エッジ抽出の様子を併せて示した。図中の左側に示すように、建造物の写真は、光線に応じて、面ごとにエッジ部分を境界にして階調が異なる。システム 1 0 0 は、この階調差が生じる部分に基づき、建造物のエッジを抽出する。エッジの抽出は、かかる処理に限らず、種々の方法を適用可能である。

エッジの抽出が完了すると、システム 1 0 0 は、基礎モデルの選択およびマッチング、即ち重なり状態の判定を行う（ステップ S 3 0 6）。基礎モデルは、先に図 6 に示した種々の概略形状である。本実施例では、基礎モデルを選択してマッチングを試行し、適正なマッチング結果が得られない場合には、基礎モデルの選択が不適切であったと判断して、予め設定された順序に基づいて次の

基礎モデルを再選択するものとした。

図 1 4 は重なり状態の判定方法を示す説明図である。図の下方に、マッチングの手順を示した。図の左側には、対象となる建造物からエッジを抽出したモデルを示した。システム 1 0 0 は、右に示す通り、基礎モデルの高さを $P a$,
5 $P 2 \cdots$ の数段階に変化させ、抽出されたエッジと基礎モデルに含まれる線分との重なり状態を判断する。例えば、高さ $P 3$ については、図中の矢印に示す部分の重なり状態が判定される。

重なり状態の判定は、例えば、図の上方に示す方法で行うことができる。まず、実線で示すエッジ $L 1$ の周囲に、一定幅で領域 $A 1$ を定義する。同じく、
10 破線で示す通り、基礎モデル側の辺 $L 2$ の周囲にも一定幅で領域 $A 2$ を定義する。エッジ $L 1$ と辺 $L 2$ との位置関係に応じて、領域 $A 1$, $A 2$ には一致範囲の重なり（図中のハッチング部分）が生じる。この重なりの免責は、基礎モデルの高さの変更に伴って変更する。例えば、基礎モデルの高さを高くしていくと、図中に左側から示すように重なり部分の面積は、一旦拡大し、その後、減少する。かかる変化の様子を図の中央にグラフで示した。一致率とは、領域 $A 1$, $A 2$ の和に対する重なり部分の面積である。図示する通り、基礎モデルの高さを高くしていくと、一致率が徐々に増大し、高さ $P 6$ で極大値となり、その後、減少していく。システム 1 0 0 は、このように一致率の変化に基づき、
15 高さ $P 6$ において基礎モデルとエッジとがマッチングしたものと判定する。もちろん、高さ $P 6$ 近傍を更に細分化して、マッチングの判断を行うものとしてもよい。重なり状態の判定は、ここでの例示に限らず、種々の方法を適用可能である。

こうしてマッチングが完了すると、システム 1 0 0 は、その結果に基づいて基礎モデルの高さを特定し、対象となる建造物のワイヤフレームを生成する（
25 ステップ $S 3 0 8$ ）。

C 3. 手動モデリング処理：

図 1 5 は手動モデリング処理のフローチャートである。これは、手動モデリング部 1 3 0（図 5 および図 7）の機能に相当する。

- オペレータのコマンド入力により処理が開始されると、システム 1 0 0 は、
- 5 仮想空間内で写真の配置を行う（ステップ S 4 0 2）。写真配置の処理は、自動モデリング処理（図 1 3）のステップ S 3 0 2 と同じである。仮想空間内で配置された写真は、システム 1 0 0 のディスプレイに表示される。

- オペレータは、仮想空間内に現れた平面形状および写真に基づいて、立ち上げ形状の選択およびマッチングを行う（ステップ S 4 0 4）。立ち上げ形状は、
- 10 オペレータが建造物の形状を見て、図 7 に例示した中から、適切と思われるものを選択する。オペレータが、仮想空間内における高さを指示すると、システム 1 0 0 は、選択された立ち上げ形状および、指示に応じた高さのモデルを生成し、仮想空間内に表示する。オペレータは、マッチング処理、即ち、こうして表示されたモデルと写真とが一致するよう、高さの指示を行う。この処理に
- 15 おける高さの指示は、種々の方法が可能であるが、操作の容易性という観点からは、例えば、仮想空間の表示画面において、マウス等のポインティングデバイスを操作して指示することが望ましい。

- 手動モデリングは、自動モデリングで対応できない複雑な形状のモデリング等を行う。複雑な形状の建造物では、単なるマッチング処理のみでは十分なモデリングを行うことができない場合もある。手動モデリングでは、このような
- 20 複雑な形状の建造物をモデリングするため、積み重ね処理を行う（ステップ S 4 0 6）。図中に積み重ね処理の概要を示した。積み重ね処理とは、例えば、図示するように上層部と下層部とで平面形状が異なる建造物などのモデリングを行うための処理である。かかる建造物では、下層部のモデル、上層部のモデル
- 25 を結合することにより、一つのモデルが完成する。積み重ね処理とは、このよ

うに複数のモデルの結合処理を意味する。モデルの結合は、必ずしも積み重ね方向に限定されるものではなく、水平方向に隣接するモデルの結合であってもよい。

図16は積み重ね処理の方法を示す説明図である。システム100のディスプレイDISPに表示される画面例を示した。この表示では、左側に仮想空間の3次元表示VL、右側に平面表示VRが行われる。建造物の写真については図示を省略した。

図15中に示した2層構造の建造物については、上層部の平面形状OBJin、下層部の平面形状OBJoutが予め与えられている。オペレータは、下層部の平面形状OBJoutを高さ方向に移動させることによって、左側に示す通り、下層部のモデルLE1を生成することができる。本実施例では、この段階では、上層部の平面形状OBJinは、下層部のモデルLE1に影響を与えないものとした。つまり、平面形状OBJinは、モデルLE1の上面に位置しているだけであり、モデルLE1の形状は、平面形状OBJinが設定されているか否かに依存しない。

次に、オペレータは、上層部の平面形状OBJinを高さ方向に移動することにより、上層部のモデルLE2を生成することができる。本実施例では、上層部のモデルLE2は、下層部のモデルLE1の上面から上方に形成される。このように段階的にモデリングすることにより、複数層からなる建造物のモデリングを実現することができる。本実施例における積み重ね処理は、例示に過ぎず、例えば、上層部のモデルLE2が存在する部分を中抜き状態にして下層部のモデルLE1を形成し、上層部のモデルLE1を地表面から上方に形成し、両者を組み合わせるものとしてもよい。その他、下層部のモデルLE2を実施例と同様の形状で生成し、上層部のモデルLE1を地表面から形成し、両者をブーリアン演算で結合させるものとしてもよい。

図 1 6 の例では、予め下層部および上層部の平面形状が既知である場合を例示した。上層部の平面形状 $O B J i n$ が未知である場合には、3次元表示 $V L$ または平面表示 $V R$ において、オペレータが平面形状を定義可能としてもよい。この定義は、下層部のモデリング前に行うものとしてもよいし、下層部のモデリング後、上層部のモデリング前に行うものとしてもよい。

こうしてマッチングおよび積み重ね処理が完了すると、システム 1 0 0 は、その結果に基づいて基礎モデルの高さを特定し、対象となる建造物のワイヤフレームを生成する（ステップ $S 4 0 8$ ）。

C 4. テクスチャ生成処理：

図 1 7 はテクスチャ生成処理のフローチャートである。これは、テクスチャ生成部 1 4 0（図 5 および図 8 参照）の機能に相当する。

テクスチャ生成処理では、オペレータは、まず繰り返し構造を設定する（ステップ $S 5 0 2$ ）。つまり、同じテクスチャを繰り返して使用可能な繰り返し領域と、その他の単独領域とを設定する。図中に繰り返し構造の設定例を併せて示した。ハッチングを付した部分が繰り返し領域に相当する。ビルなど各階の構造が類似している場合には、各階を単位として繰り返し領域を設定することができる。繰り返し領域以外の部分は、単独領域として定義される。

この処理における繰り返し領域は、テクスチャを利用する単位として定義されるものであるから、繰り返し領域は必ずしも建造物の現実の構造と対応している必要はない。例えば、図中の中央に示すように、正面は複数階の繰り返し構造となっているが、側面は一面として構成されている建造物も存在する。かかる建造物では、正面については各階を単位とする繰り返し領域を設定し、側面については単独領域とすることもできる。

こうして繰り返し構造の定義が完了すると、オペレータは、テクスチャの設定を行う（ステップ $S 5 0 4$ ）。テクスチャは、建造物の写真に基づいて生成さ

れる。3次元モデリングに使用される写真と同じ写真を用いるものとしてもよいが、本実施例では、テクスチャをモデルに適合させる負担を考慮し、建造物の正面からの写真を用いるものとした。テクスチャ設定処理では、オペレータは、写真の一部をテクスチャとして切り出すとともに、モデルの表面に適合するよう形状、色調などの修正を行う。この修正には、テクスチャ同士の結合、分離も含まれる。

こうしてテクスチャの設定が完了すると、システム100は、オペレータのコマンドに応じてテクスチャの貼り付け処理を実行する（ステップS506）。図中に、繰り返し領域へのテクスチャ貼り付けの様子を示した。左側は、建造物の写真であり、右側は生成されたモデルである。図示する通り、最上階の写真を各階に繰り返し貼り付けることによりモデルを完成することができる。建造物の前面には、樹木その他の障害物が存在することが多く、建造物全体のテクスチャを得ることは困難であることが多い。本実施例のように繰り返し領域を定義すれば、建造物の最上階など、最も良好に撮影された部分のテクスチャを利用することができ、比較的容易に建造物全体にテクスチャを貼り付けることができる。なお、図中の例では、1階部分の単独テクスチャとして扱う領域にも繰り返しのテクスチャを貼り付けた場合を例示したが、単独テクスチャは別途用意されたテクスチャを貼り付けることも可能である。

C5. 付加構造物設定処理：

付加構造物設定処理は、付加構造物設定部150（図5参照）の機能に相当する処理であり、建造物自体のモデリングとは別に、建造物周辺の付加構造物を定義する処理である。本実施例では、オペレータの操作によって、予め用意された付加構造物のモデルを配置するものとした。付加構造物は、その配置の指定方法によって点部品、線部品に分類される。

図18は点部品設定例を示す説明図である。点部品とは、付加構造物を設置

する一点を指定することにより、モデルを配置できる部品をいう。小さな点部品としては、信号機、街灯、電柱、郵便ポスト、バス停、電話機ポスト、街路樹、道路標識などが含まれる。大きな点部品としては、高圧線鉄柱、携帯電話の電波塔、ガソリンスタンド、コンビニエンスストア塔のチェーン店舗等の画

5 一化されている形状が含まれる。これらの点部品は、必ずしも本実施例で示したモデリング手法による必要はなく、通常の3次元モデリング手法で生成することができる。

図中には、かかる点部品の一例として信号機を配置する場合の画面表示例を示した。先に説明した通り、ディスプレイDISPには、左側に仮想空間にお

10 ける3次元表示VL、右側に平面表示VRが行われる。点部品の設定時には、部品の種類を選択するとともに、平面表示VR中に矢印で示す通り、部品の設置点を指定する。これに伴い、3次元表示VLに信号機のモデルAdd 1が示される。樹木の場合などには、更に、3次元表示VLにおいて、その高さを設定可能としてもよい。

15 図19は線部品設定例を示す説明図である。線部品とは、付加構造物を設置する線分範囲を指定することにより、モデルを配置できる部品をいう。かかる部品としては、ガードレール、壁、垣根、横断歩道白線塔の道路の各種白線、各種橋形状、中央分離帯などが含まれる。これらのモデルも、通常の3次元モデリング手法で形成することができる。線部品は、単位長さ分の単位モデルが

20 登録されており、指定された範囲に応じて、単位モデルが繰り返し使用される。

図中には、かかる線部品の一例としてガードレールを配置する場合の画面表示例を示した。2次元表示VRにおいて、矢印で示す通り、線分範囲、即ち線分の始点、終点を特定することにより、3次元表示VLにガードレールのモデル

25 Add 2が示される。

D. 効果：

以上で説明した本実施例の電子地図データ生成システムによれば、建造物の高さを測量するまでなく、3次元モデリングを行うことができる。従って、比較的軽い労力で、精度良く、建造物のモデリングを行うことができる。

- 5 図10以降の処理では、単一の建造物についてのモデリングを説明したが、一枚の写真に複数の建造物が写っている場合には、これらの建造物について並行してモデリングを進めることができる。従って、3次元電子地図データの生成をより効率的に行うことができる。

- 10 本実施例では、建造物の写真に基づくテクスチャを用いることにより、モデルの現実味をより向上することができる。また、繰り返し構造を用いることにより、これらのテクスチャを比較的軽い負担で適用することができる。

E. 変形例：

- 15 本実施例では、地上で撮影した写真を用いたモデリングを例示した。写真は、撮影パラメータおよび撮影位置が既知であれば、地上で撮影したものに限られない。例えば、建造物を斜め方向から撮影した航空写真を用いるものとしてもよい。撮影位置および撮影パラメータが既知の航空写真を用いることにより、広範囲の3次元モデリングを効率的に行うことができる。

- 20 本実施例では、図10に示す各ステップにより、モデリングを行うものとしたが、自動モデリングまたは手動モデリングの一方を省略してもよい。また、テクスチャ生成処理、付加構造物設定処理は、3次元モデルの現実味を向上するために行われる処理であり、モデルの用途に応じて省略しても差し支えない。

- 25 以上、本発明の種々の実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の構成を採ることができることはいうまでもない。例えば、以上の制御処理はソフトウェアで実現する他、

ハードウェア的に実現するものとしてもよい。

産業上の利用可能性

本発明は、建造物の３次元電子データを生成する３次元モデリング技術、および該モデリング方法を用いて３次元電子地図データを生成する分野に利用することができる。

請求の範囲

1. 建造物の3次元電子データを生成する3次元モデリング方法であって、

(a) 電子データで表された前記建造物の写真を入力するステップと、

5 (b) 該写真の撮影位置と該建造物との相対的な位置関係と、該撮影位置から該建造物を望む現実の風景と前記写真とを適合させるために必要となる撮影パラメータとを入力するステップと、

(c) 前記3次元電子データを生成する仮想空間内で、前記建造物の平面形状と前記撮影位置とを前記相対的な位置関係に基づいて定義するとともに、前

10 記撮影パラメータによって規定される位置に前記写真を配置するステップと、

(d) 前記平面形状を、前記写真と一致するまで高さ方向に写像することにより、該建造物の高さ方向の形状を特定するステップとを備える3次元モデリング方法。

15 2. 請求の範囲1記載の3次元モデリング方法であって、

前記平面形状は、前記建物を含む2次元平面地図によって特定される3次元モデリング。

3. 請求の範囲1記載の3次元モデリング方法であって、

20 前記ステップ(c)は、前記平面形状とともに、前記建造物の概略形状を表す基礎的な3次元モデルを定義するステップを含む3次元モデリング方法。

4. 請求の範囲1記載の3次元モデリング方法であって、

前記ステップ(d)は、

25 前記写真の解析により、前記建造物の稜線を特定するステップと、

前記写像の過程で、前記平面形状の辺と前記稜線との重なり状態を定量的に解析するステップと、

該重なり状態が極大となる写像により前記高さを特定するステップとを備える 3 次元モデリング方法。

5

5. 請求の範囲 1 記載の 3 次元モデリング方法であって、

前記ステップ (c) に先だって、前記建造物近傍の地表の高低を表す高低データを入力するステップを備え、

前記ステップ (c) は、さらに前記建造物近傍の地表に前記高低データを反映させるステップを含み、

前記ステップ (d) は、該地表よりも上部で前記高さ方向の形状特定を行う 3 次元モデリング方法。

6. 請求の範囲 1 記載の 3 次元モデリング方法であって、更に、

15 (e) 前記ステップ (d) により高さ方向の形状が特定された前記建造物のモデルの表面に、前記写真の少なくとも一部を、テクスチャとして貼り付けるステップを備える 3 次元モデリング方法。

7. 請求の範囲 6 記載の 3 次元モデリング方法であって、

20 前記ステップ (e) は、

前記建造物の表面において、類似の単位構造が繰り返して適用されている繰り返し領域と、該繰り返し領域を除く単独領域とを定義するステップと、

該繰り返し領域には、前記写真で現実の構造が取得されているか否かに関わらず前記単位構造のテクスチャを繰り返し貼り付けるステップとを備える 3

25 次元モデリング方法。

8. 建築物を含む3次元電子地図データを生成する3次元電子地図データの生成方法であって、

- (a) 電子データで表された前記建築物の写真を入力するステップと、
- 5 (b) 該写真の撮影を行った撮影位置を地図上で特定可能な撮影位置データと、該撮影時のカメラの向きおよび画角を特定する撮影パラメータとを入力するステップと、
- (c) 前記ステップ(a)、ステップ(b)で得られたデータに基づいて、前記3次元電子データを生成する仮想空間内に平面地図から得られる前記建築物
- 10 の平面形状、前記撮影位置、前記写真を配置するステップと、
- (d) 前記建築物の平面形状を、前記写真と一致するまで高さ方向に写像することにより、該建築物の高さ方向の形状を特定するステップとを備える3次元電子地図データの生成方法。

- 15 9. 建築物の3次元電子データの生成を支援する3次元モデリング支援装置であって、

電子データで表された前記建築物の写真および平面形状を入力する画像データ入力部と、

- 20 該写真の撮影位置と該建築物との相対的な位置関係と、該撮影位置から該建築物を望む現実の風景と前記写真とを適合させるために必要となる撮影パラメータとを入力する撮影情報入力部と、

前記3次元電子データを生成する仮想空間内で、前記撮影位置を基準として、前記相対的な位置関係に基づいて前記平面形状を配置するとともに、該撮影位置から該建築物を望む方向の画像を表示する仮想空間表示部と、

- 25 前記仮想空間内で前記撮影パラメータによって規定される位置に前記写真を

配置することにより、前記表示される画像内に前記写真を投影する投影部と、

前記平面形状を高さ方向に写像することにより定義される前記建造物の形状を前記表示される画像内に併せて表示するモデル表示部とを備える３次元モデリング支援装置。

5

10. 建造物の３次元電子データを生成する３次元モデリング装置であって、

電子データで表された前記建造物の写真および平面形状を入力する画像データ入力部と、

10 該写真の撮影位置と該建造物との相対的な位置関係と、該撮影位置から該建造物を望む現実の風景と前記写真とを適合させるために必要となる撮影パラメータとを入力する撮影情報入力部と、

前記３次元電子データを生成する仮想空間内で、前記平面形状と前記撮影位置とを前記相対的な位置関係に基づいて定義し、前記撮影パラメータによって
15 規定される位置に前記写真を配置し、前記写真と一致するまで前記平面形状を高さ方向に写像することにより該建造物の高さ方向の形状を特定するモデリング部とを備える３次元モデリング装置。

11. 請求の範囲10記載の３次元モデリング装置であって、

20 前記モデリング部は、

前記写真の解析により、前記建造物の稜線を特定する稜線解析部と、

前記写像の過程で、前記平面形状の辺と前記稜線との重なり状態を定量的に解析し、該重なり状態が極大となる写像により前記高さを特定する重なり状態解析部とを備える３次元モデリング装置。

25

1 2. 建造物の 3 次元電子データを生成するために使用されるデータを
収集するデータ収集装置であって、

前記建造物の写真を電子データとして取得する撮像部と、

該写真の撮影位置から該建造物を望む現実の風景と前記写真とを適合させる

5 ために必要となる撮影パラメータを取得する撮影パラメータ取得部と、

前記電子データおよび撮影パラメータを、前記撮影位置に関するデータと関連づけて格納するデータ格納部とを備えるデータ収集装置。

1 3. 請求の範囲 1 2 記載のデータ収集装置であって、

10 前記撮像部は、デジタルカメラであり、

前記撮影パラメータ取得部は、該カメラに内蔵され、前記撮影時の該カメラの姿勢および焦点距離を取得するデータ収集装置。

1 4. コンピュータを用いて、建造物を含む 3 次元電子地図データを生成
15 成させるためのコンピュータプログラムをコンピュータ読み取り可能に記録した記録媒体であって、

電子データで表された前記建造物の写真および平面形状を入力する機能と、

該写真の撮影を行った撮影位置を地図上で特定可能な撮影位置データと、該撮影時のカメラの向きおよび画角を特定する撮影パラメータとを入力する機能

20 と、

前記入力されたデータに基づいて、前記 3 次元電子データを生成する仮想空間内に前記建造物の平面形状、前記撮影位置、前記写真を配置する機能と、

前記平面形状を、前記写真と一致するまで高さ方向に写像することにより、該建造物の高さ方向の形状を特定する機能とをコンピュータに実現させるコン

25 ピュータプログラムを記録した記録媒体。

15. コンピュータを用いて、建造物の3次元電子データの生成を支援するためのコンピュータプログラムコンピュータ読み取り可能に記録した記録媒体であって、

- 5 電子データで表された前記建造物の写真および平面形状を入力する機能と、
該写真の撮影位置と該建造物との相対的な位置関係と、該撮影位置から該建造物を望む現実の風景と前記写真とを適合させるために必要となる撮影パラメータとを入力する機能と、

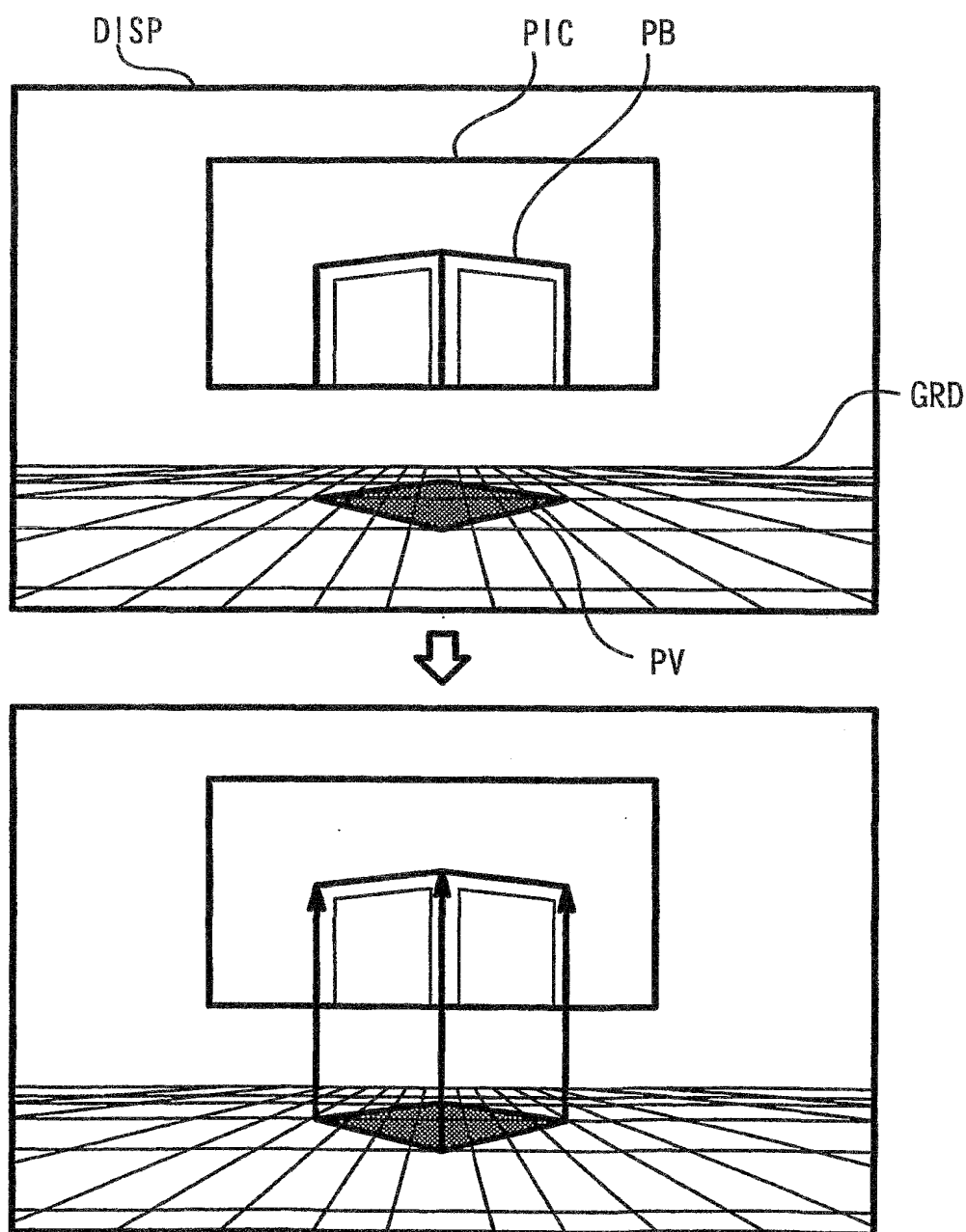
- 前記3次元電子データを生成する仮想空間内で、前記撮影位置を基準として
10 前記相対的な位置関係に基づいて前記平面形状を配置するとともに該撮影位置から該建造物を望む方向の画像を表示する機能と、

前記仮想空間内で前記撮影パラメータによって規定される位置に前記写真を配置することにより、前記表示される画像内に前記写真を投影する機能と、

- 前記平面形状を高さ方向に写像することにより定義される前記建造物の形状
15 を前記表示される画像内に併せて表示する機能とをコンピュータ実現させるコンピュータプログラムを記録した記録媒体。

1/19

図 1



2/19

图2

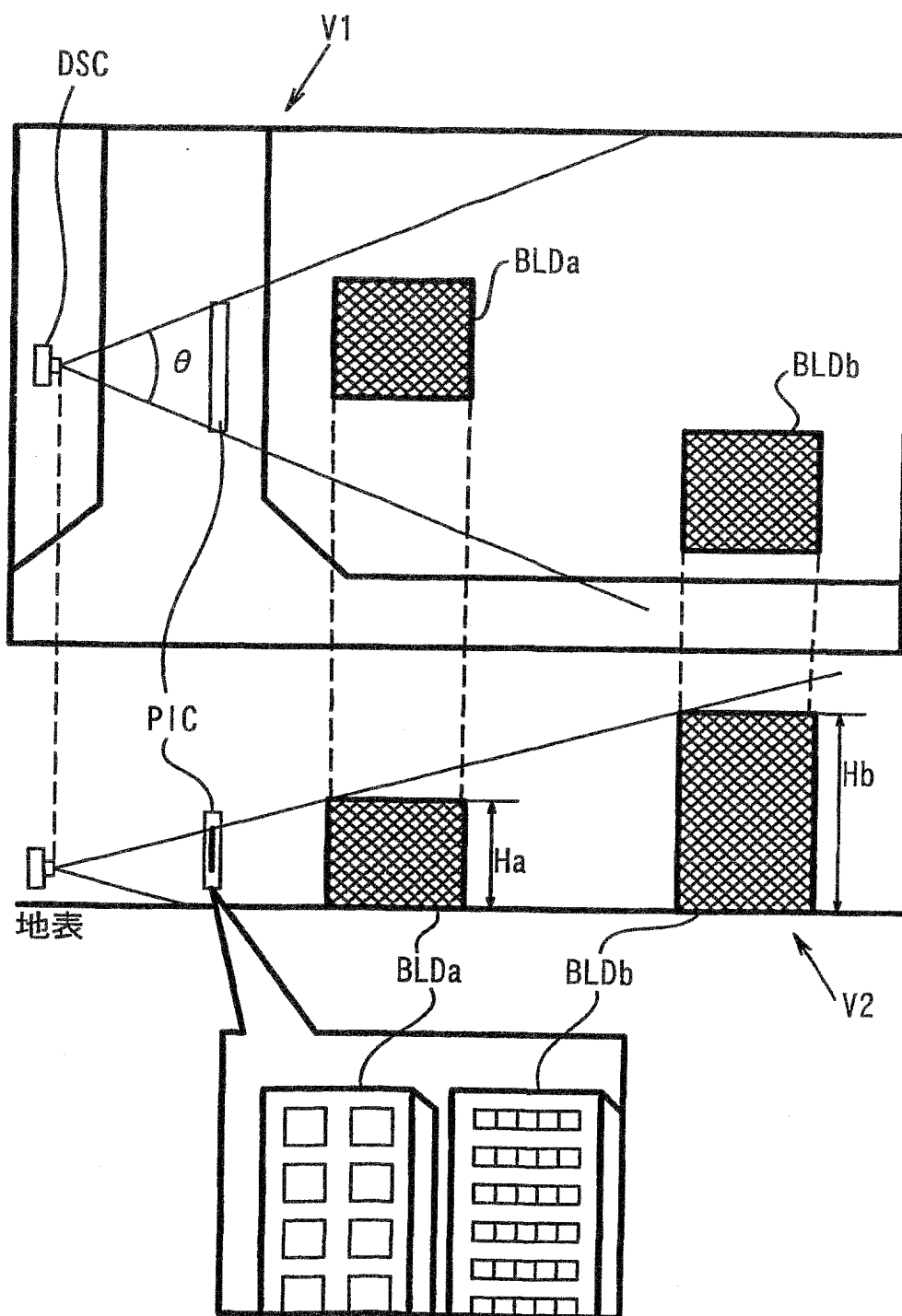
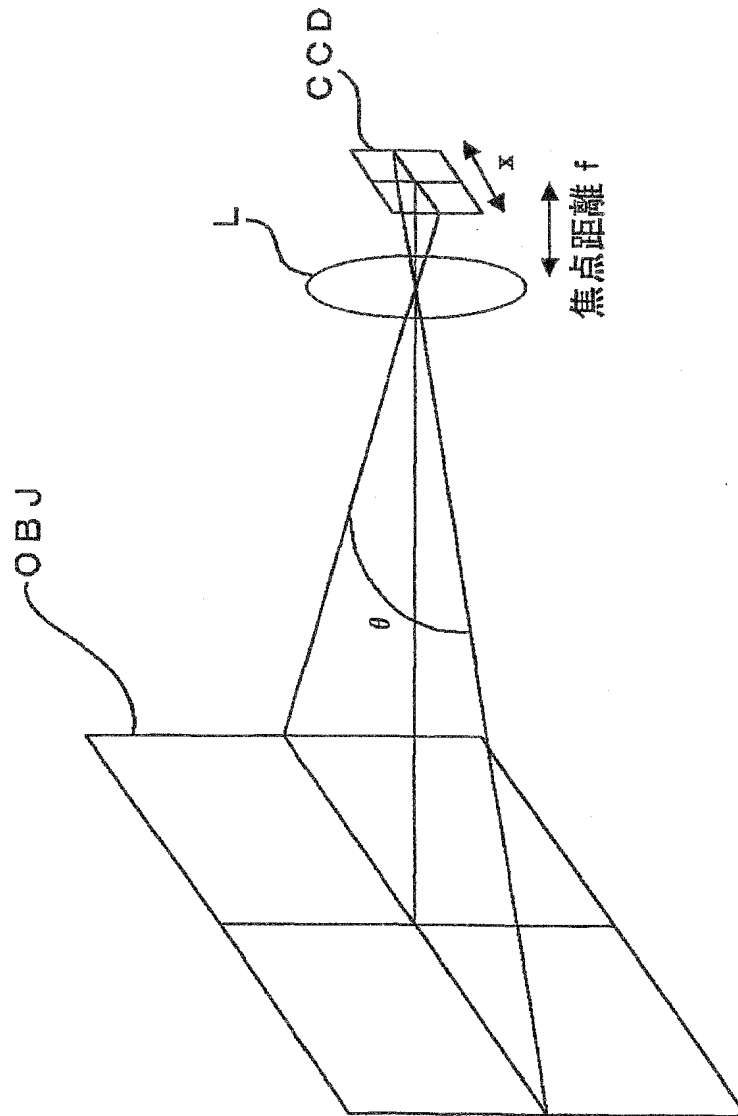
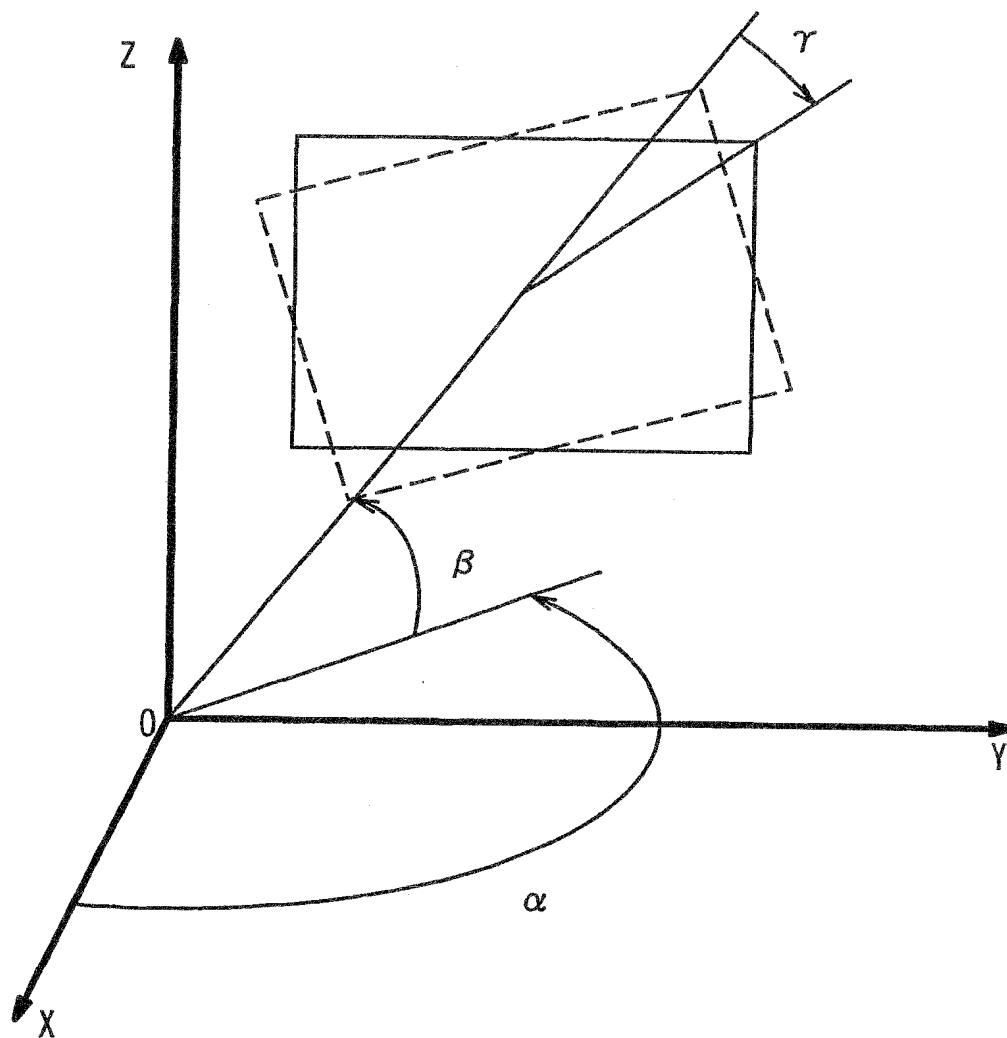


図3



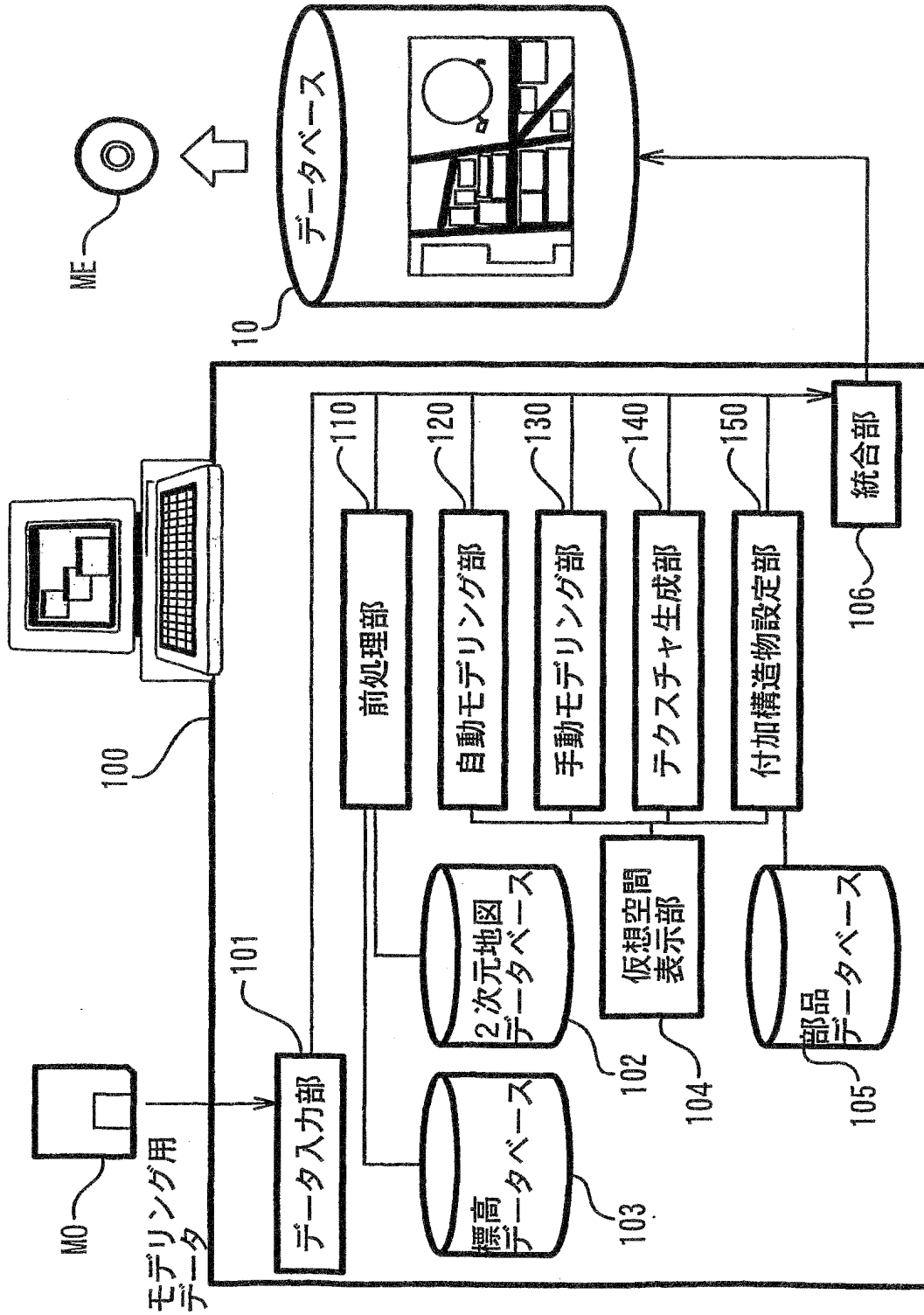
4/19

図4



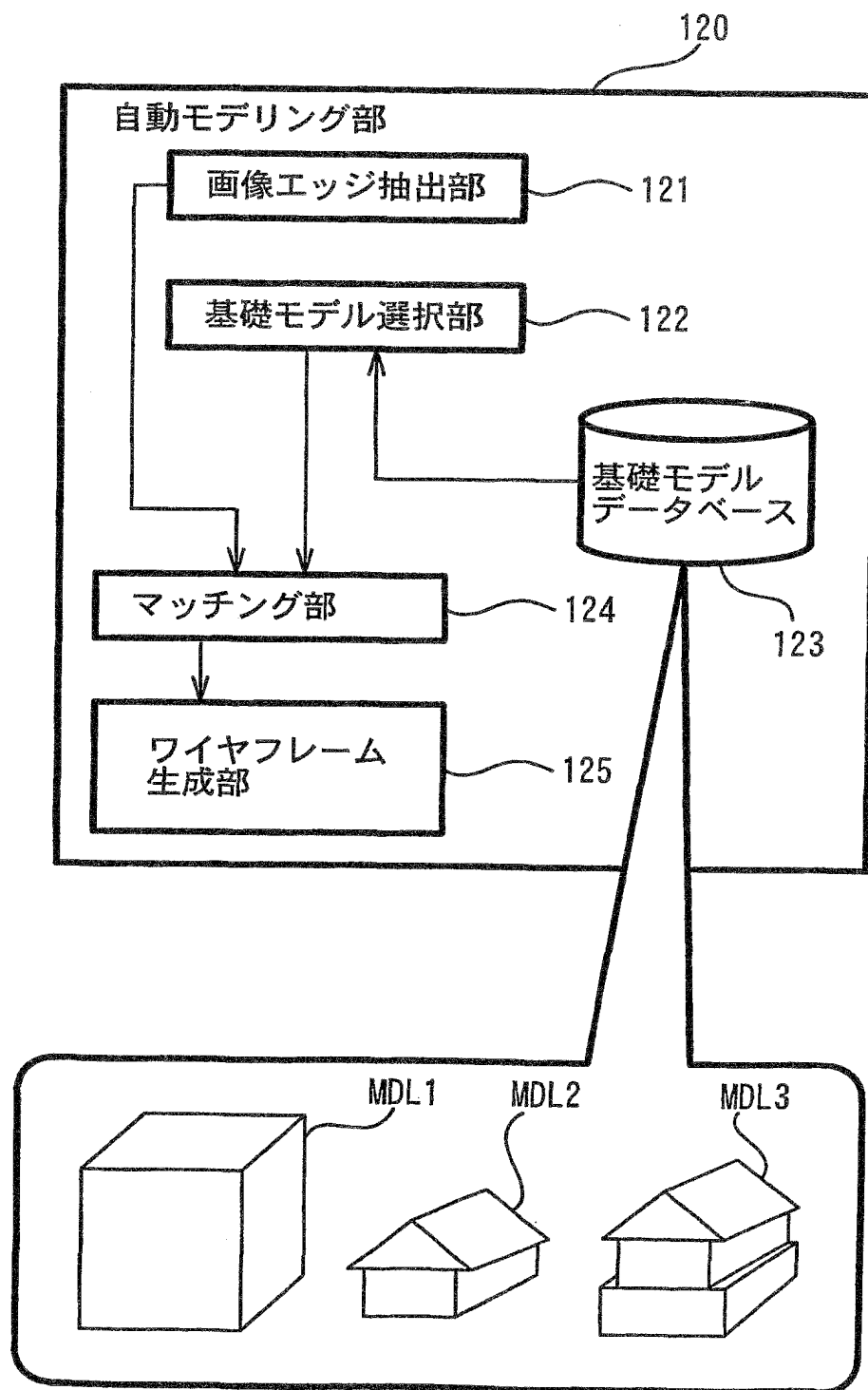
5/19

図5



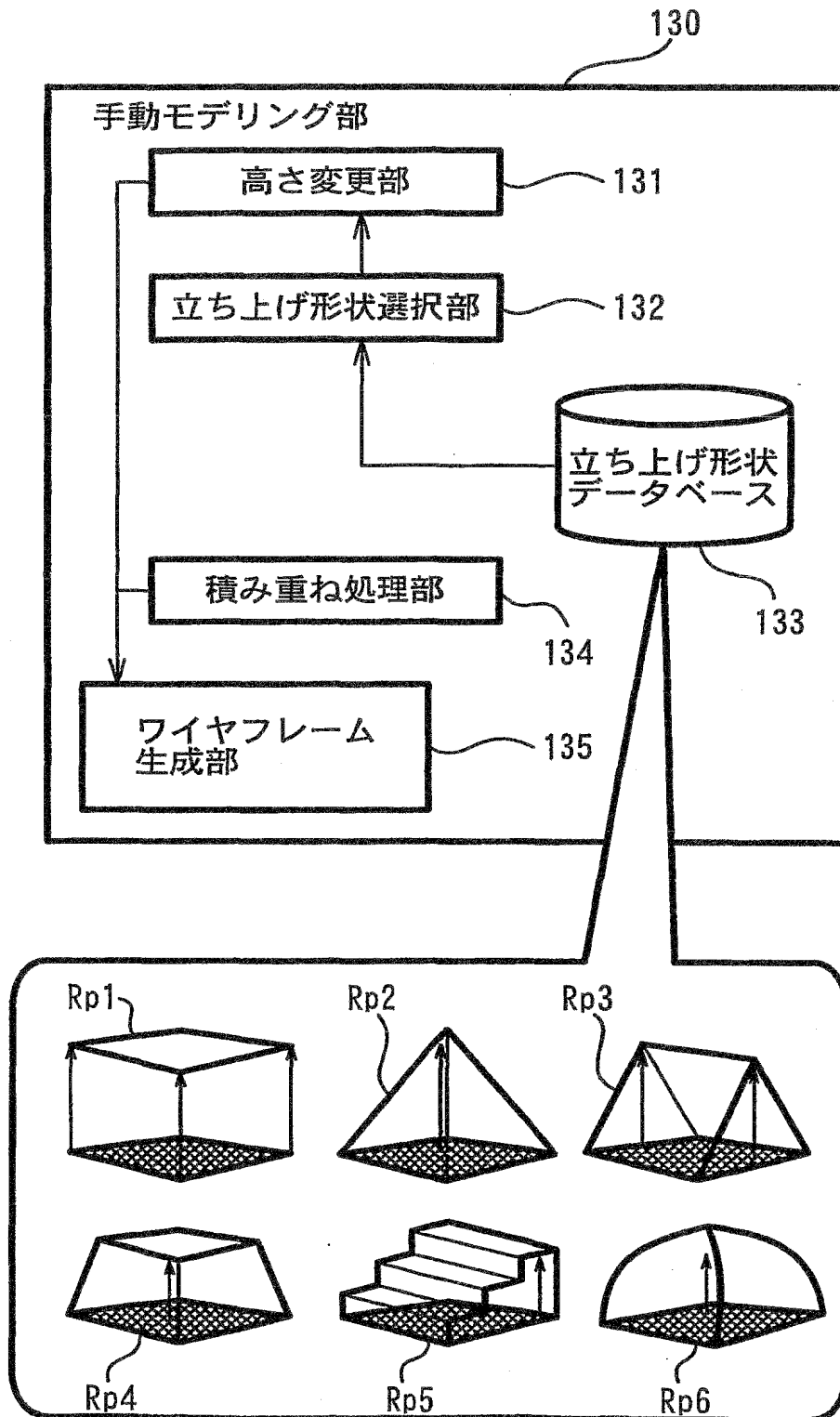
6/19

図6



7/19

図7



8/19

図8

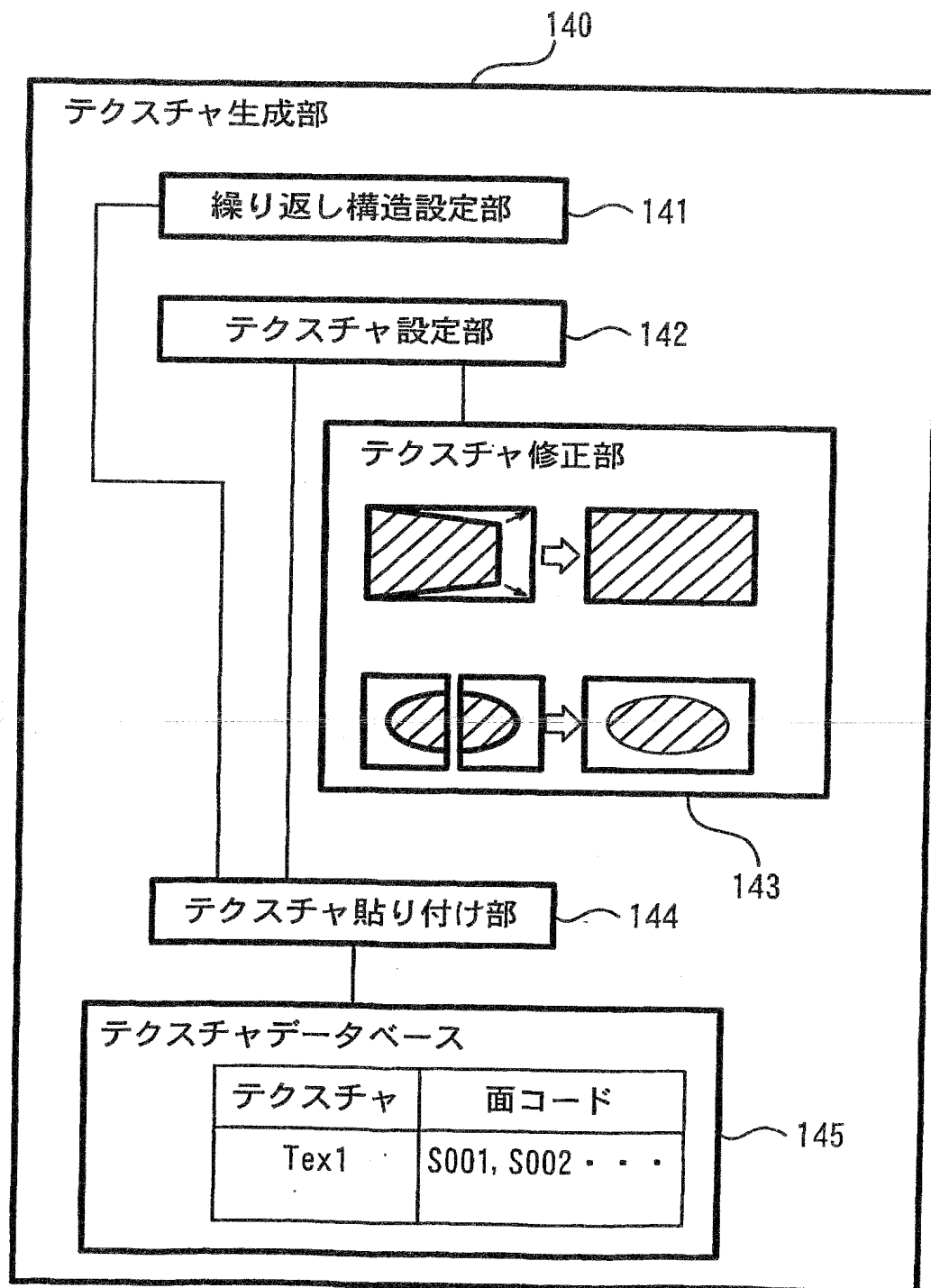
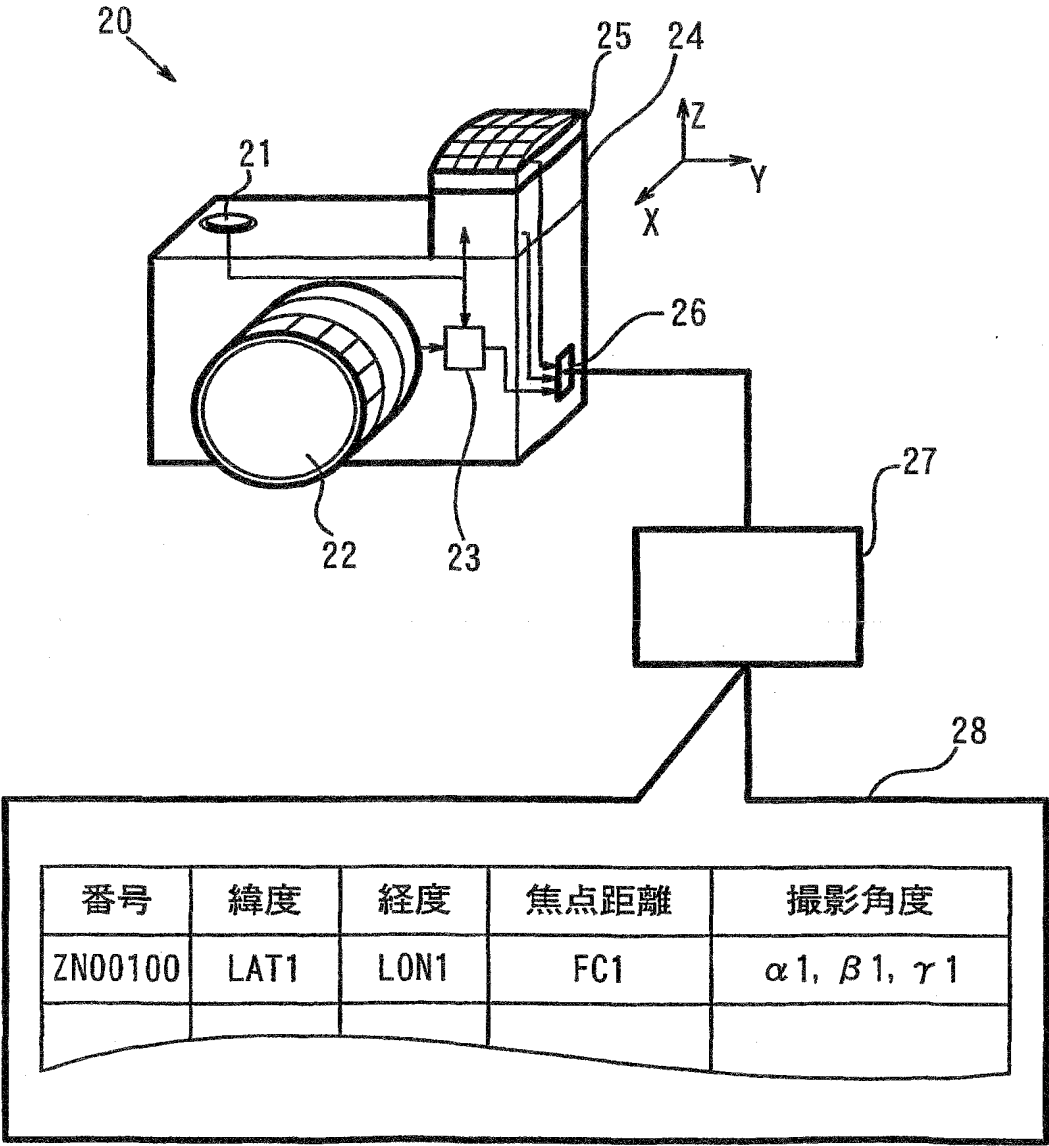
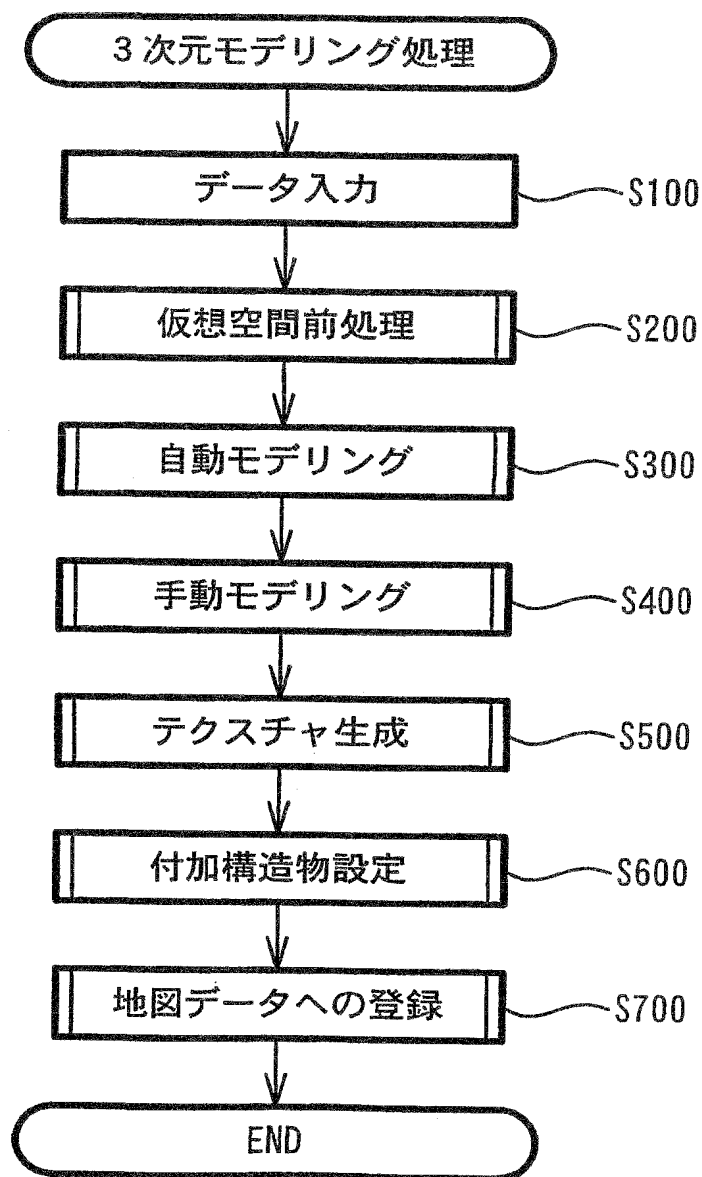


図9



10/19

図10



11/19

図11

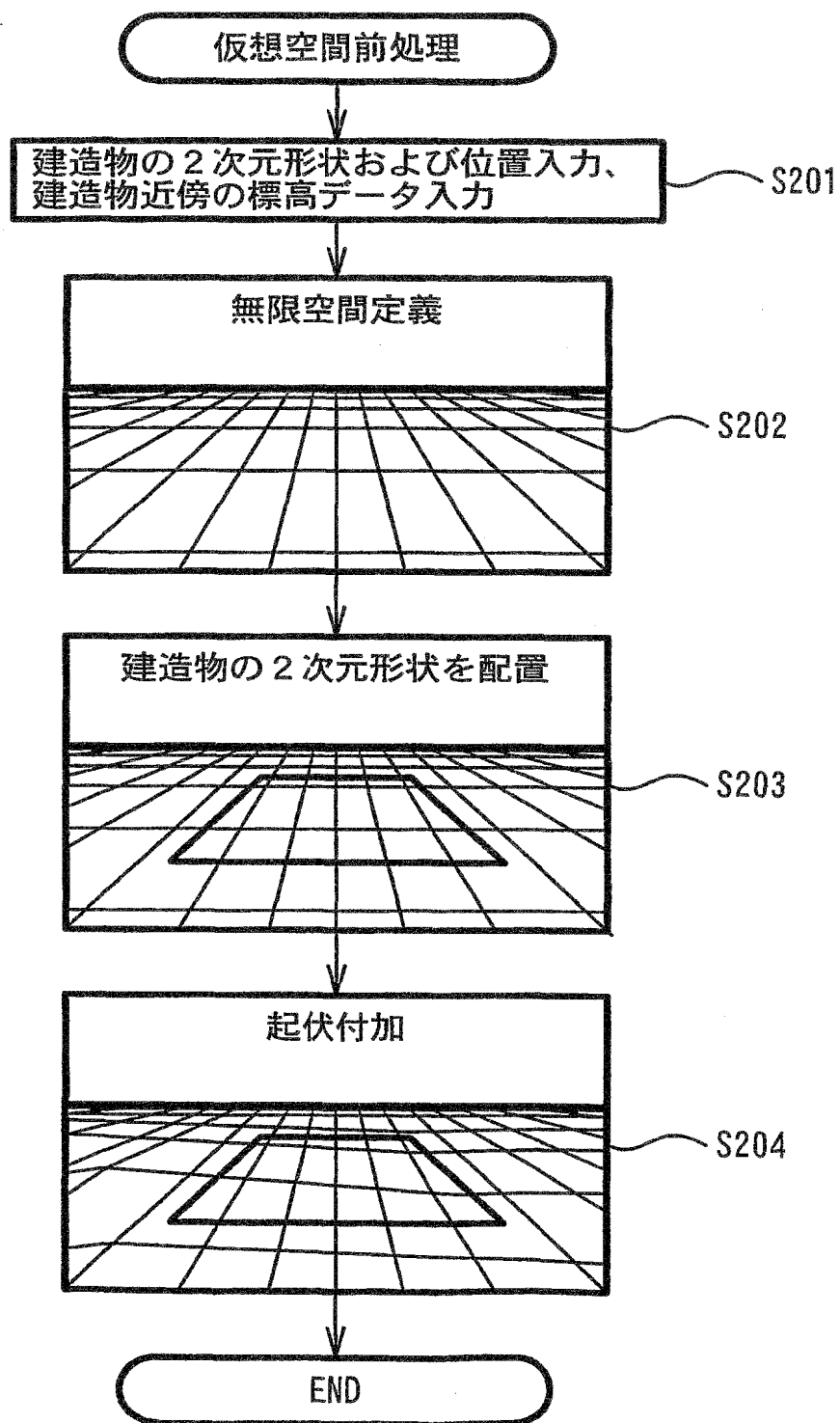
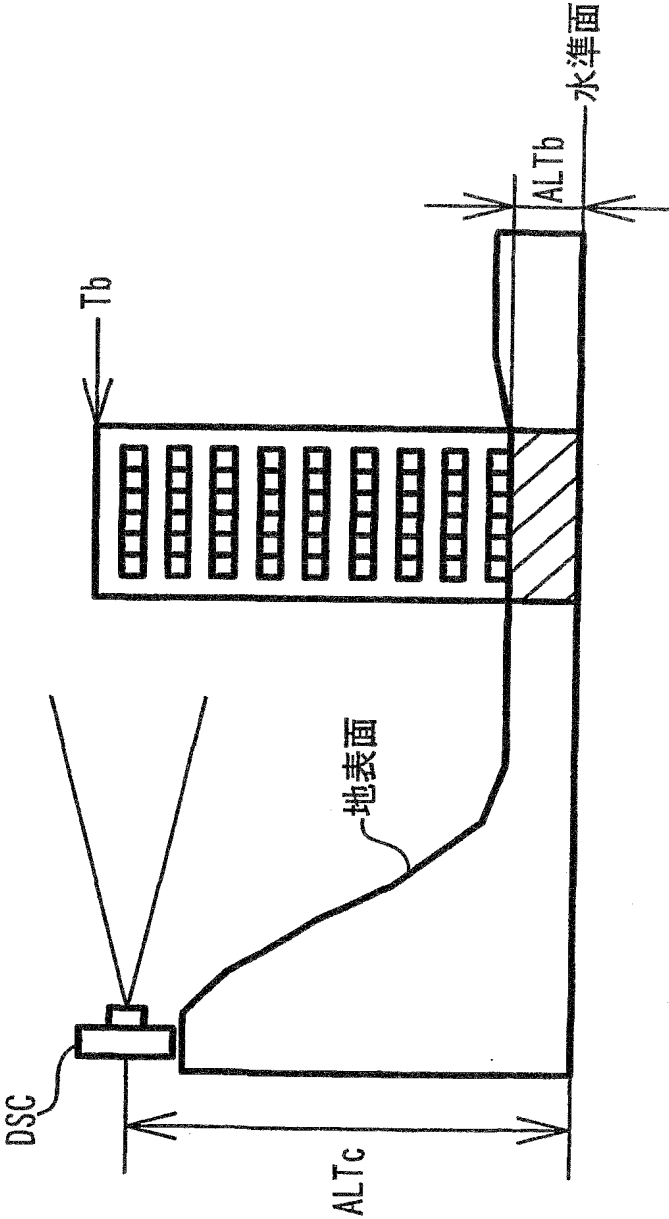
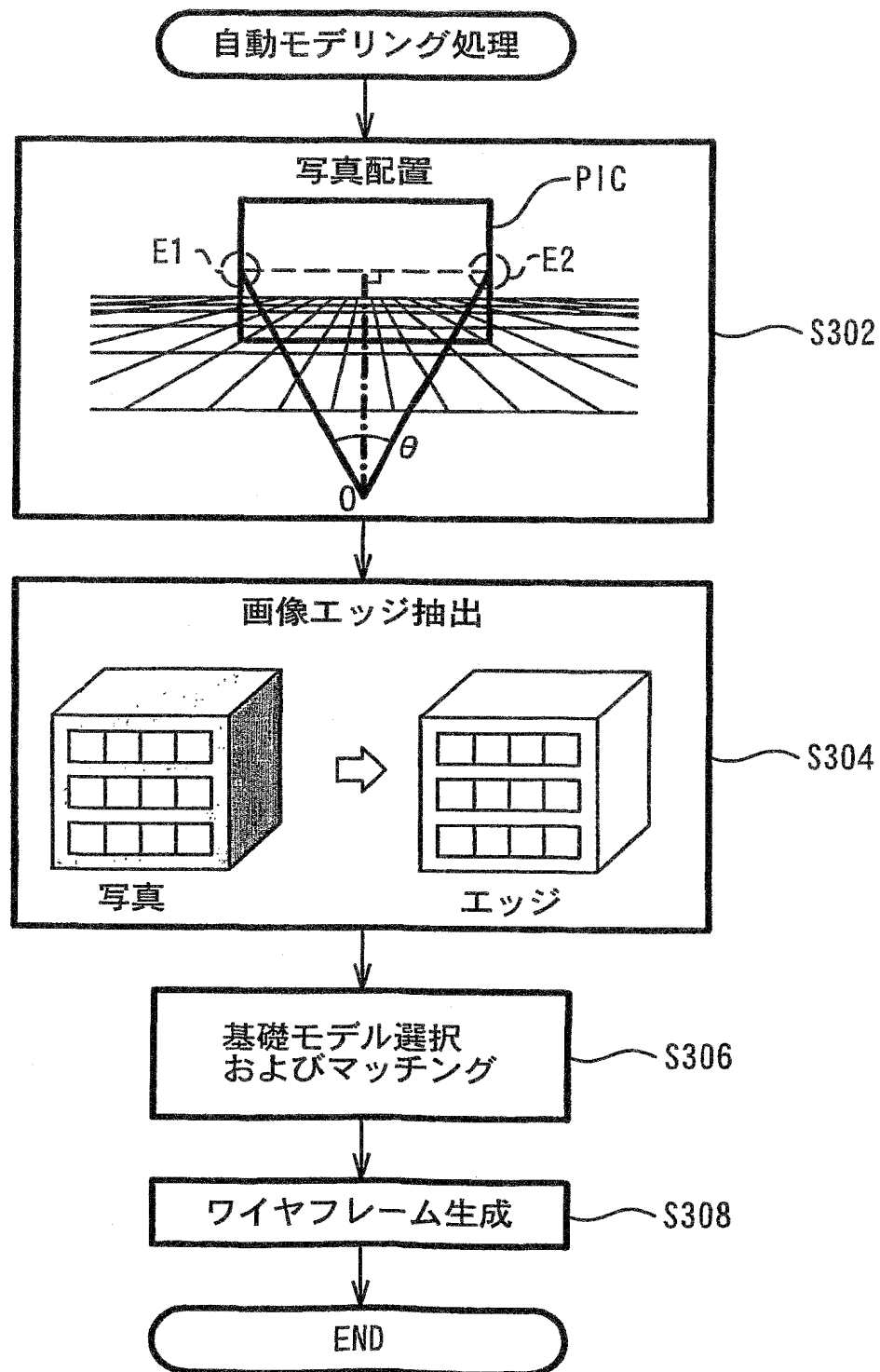


図12



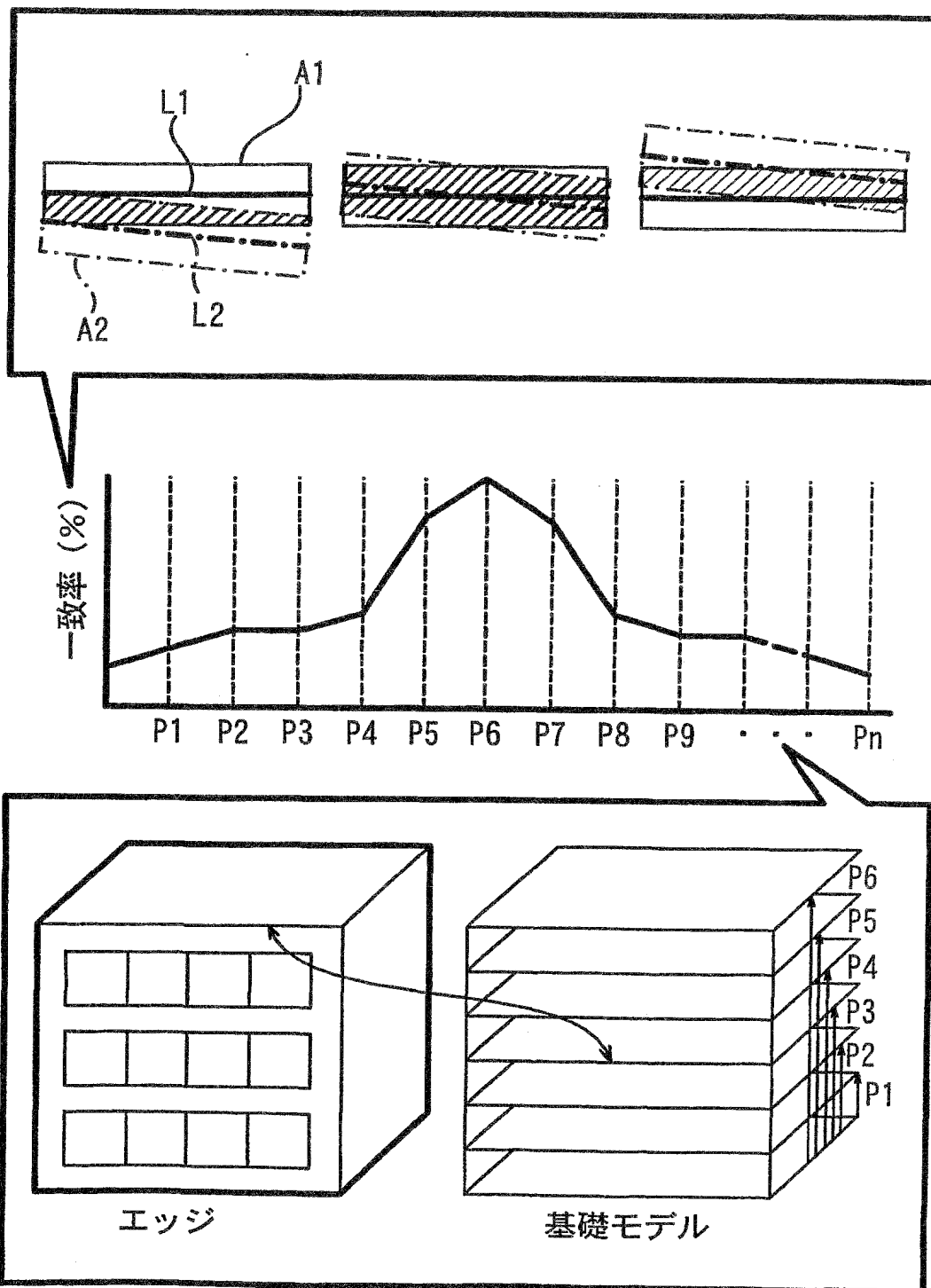
13/19

図13



14/19

図14



15/19

図15

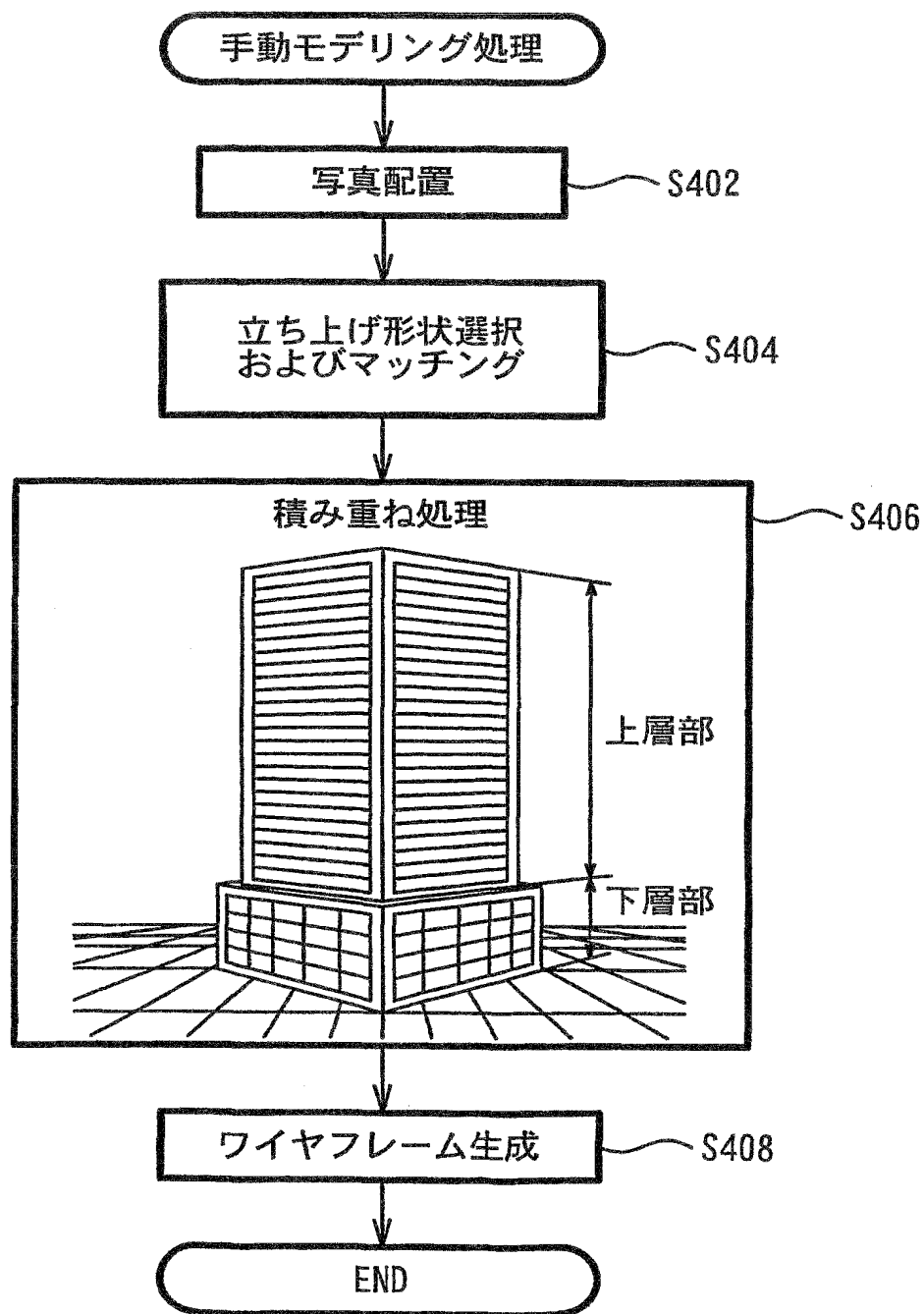
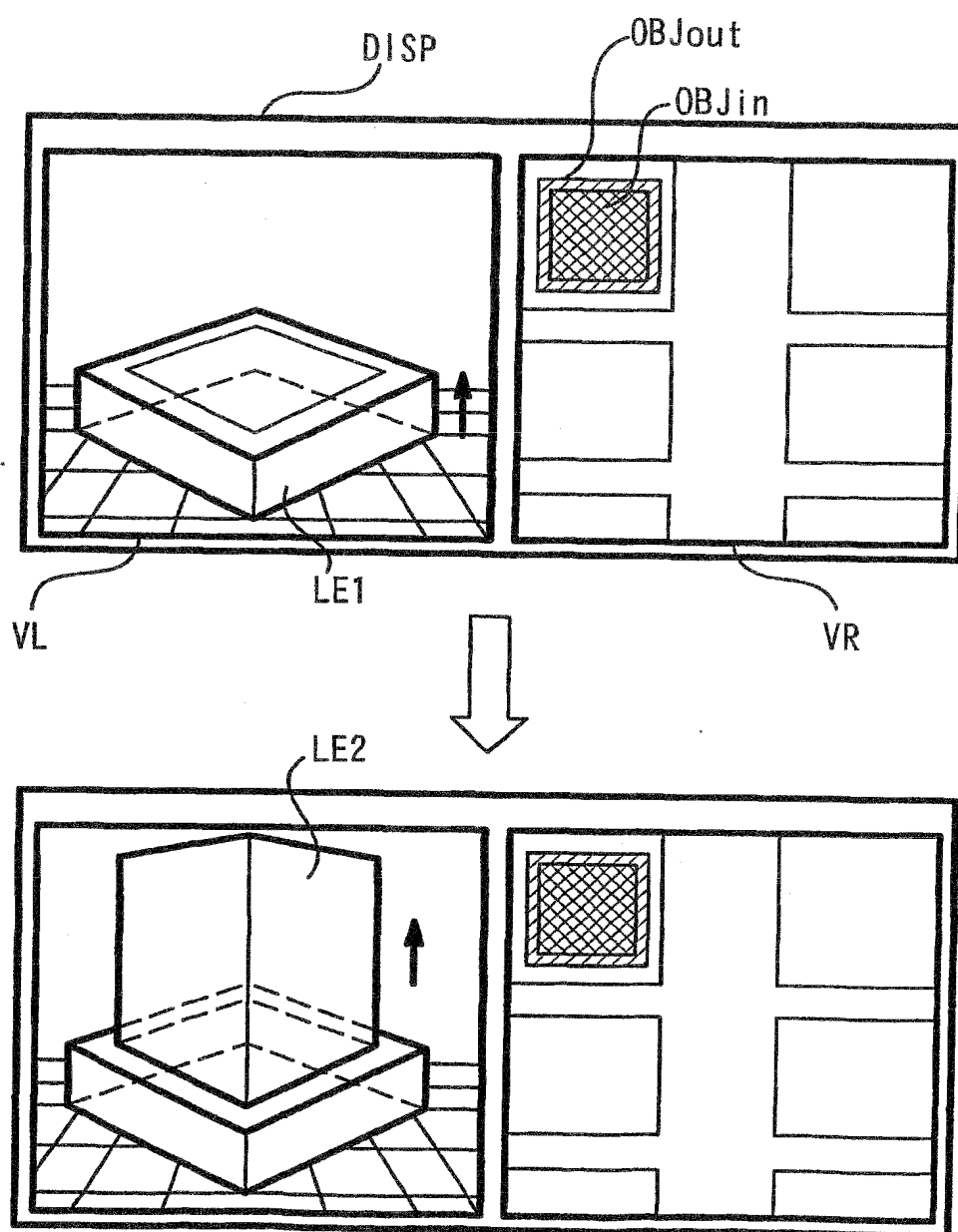
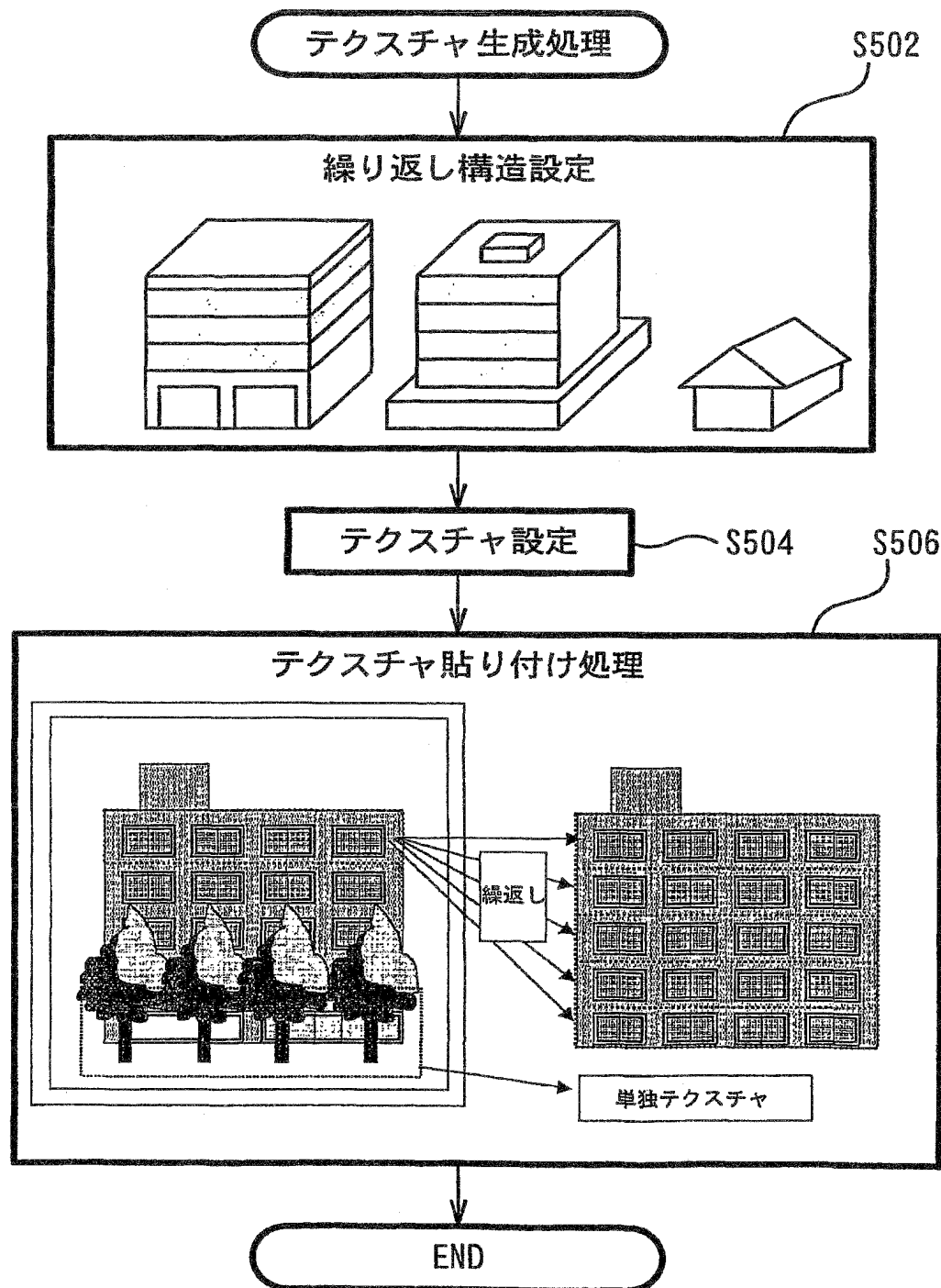


図 16



17/19

図17



18/19

図18

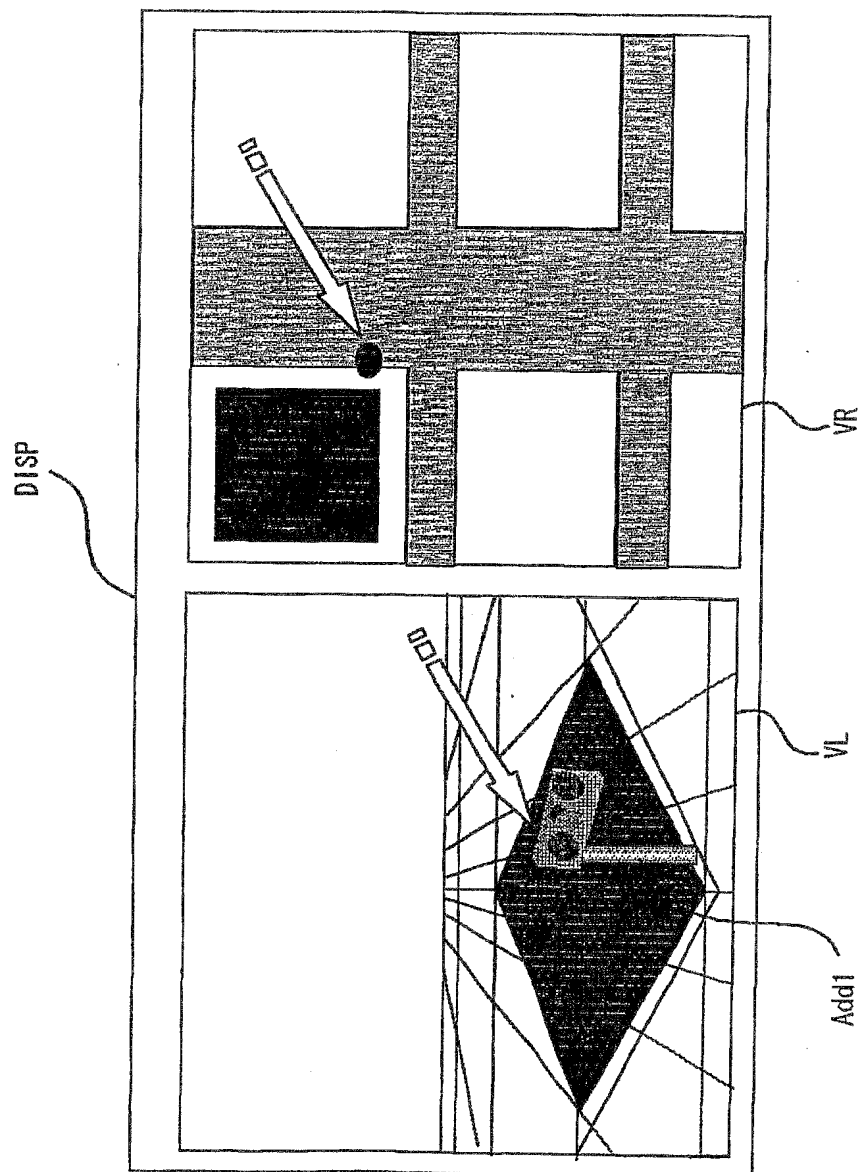


図19

